<366423889300017

Bayer. Staatsbibliothek

Populäre

Naturgeschichte

der drei Reiche.

Von

F. S. Beudant, Milne-Edwards, A. v. Jussieu.

Vollständig in zwölf Bänden
mit mehr als tausend getreuen Abbildungen.

Fünfter Band:
Mineralogie. Erster Theil.

Aus dem Französischen übersetzt,
und herausgegeben von der „Gesellschaft zur Verbreitung guter und wohlfeiler Bücher."

Durch den Königl. Rath für öffentlichen Unterricht in Frankreich eingeführt.

Stuttgart, 1844.
Verlag von Scheible, Rieger & Sattler.
(Preis pro Band 18 kr. oder 4½ ggr.)

CENTRAL-BIBLIOTHEK
FRIEDBERG

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Die

Mineralogie

und

Geologie.

Von

F. S. Beudant,

Mitglied der königl. Akademie der Wissenschaften u. s. w.

Vollständig in vier Bänden.

Erster Band:

Mineralogie. I. Theil.

Aus dem Französischen

von

Ludwig Carl.

Stuttgart:

Scheible, Rieger & Sattler.

1844.

Einleitung.

§. 1. Belebte Körper, unbelebte Körper.

Körper nennt man Alles, was ein materielles Dasein hat und daher in die Sinne fallen kann. Man kennt Körper, die mit Leben begabt sind oder begabt gewesen sind, und andere, die niemals Leben besessen haben. Die ersteren werden lebende oder organische Körper genannt, weil sie aus verschiedenen Apparaten oder aus Organen bestehen, die zu ihrem Dasein nothwendig sind. Die andern werden mit dem Namen unbelebte oder unorganische Körper bezeichnet.

Natürliche und künstliche leblose Körper. Die leblosen oder unbelebten Körper sind zweierlei Art: die einen sind natürlich, d. h. sie werden uns unmittelbar von der Natur geboten; die andern sind künstlich, d. h. sie gehen aus den gegenseitigen Wirkungen der verschiedenen Elemente hervor, die wir selbst in Thätigkeit setzen, um sowohl unsere Bedürfnisse, als unsere Wißbegierde zu befriedigen.

Elemente. Elemente nennt man die natürlichen leblosen Körper, die wir durch die uns bekannten Mittel nicht zu zerlegen vermögen; sie sind theils wägbar, theils unwägbar. Die Anzahl der ersten beträgt gegenwärtig 56, nämlich:

Gasförmige Körper.

1. Chlor.
2. Fluor.
3. Sauerstoff.
4. Stickstoff.
5. Wasserstoff.

Tropfbarflüssige Körper.

6. Brom. 7. Queckſilber (metallglänzend).*

Feſte nichtmetalliſche Körper.

8. Bor.
9. Jod.
10. Kieſelerde.
11. Kohlenſtoff.*
12. Phosphor.
13. Schwefel.*
14. Selen.

Feſte metalliſche Körper.

15. Aluminium.
16. Antimon.*
17. Arſenik.*
18. Barium.
19. Beryllium.
20. Blei.
21. Cadmium.
22. Calcium.
23. Calium.
24. Cerium.
25. Chrom.
26. (Didyme?)
27. Eiſen.*
28. Gold.
29. Kobalt.
30. Kupfer.*
31. Iridium.
32. Lantan.
33. Lithium.
34. Mangan.
35. Magneſium.
36. Molybdän.
37. Natrium.
38. Nickel.
39. Osmium.
40. Palladium.
41. Platin.
42. Rhodium.
43. Silber.*
44. Strontium.
45. Tantal.
46. Tellur.*
47. Thorium.
48. Titan.
49. Uran.
50. Vanadin.
51. Wißmuth.*
52. Wolfram.
53. Yttrium.
54. Zink.
55. Zinn.
56. Zirkonium.

Die unwägbaren Elemente ſind uneinſchließbare Fluida, zu deren Annahme man durch die Erſcheinungen der Wärme, Elektricität und des Lichtes ſich genöthigt ſieht, deren Bewegungen nothwendig die Gegenwart eines Körpers, entweder für die Erzeugung, oder für die Fortleitung erfordern.

Mehrere dieser unzerlegbaren Körper finden sich im freien Zustand in der Natur: dies sind die mit einem Sternchen bezeichneten; alle übrigen sind das Ergebniß der Untersuchungen, welche in den chemischen Laboratorien an den zusammengesetzten Körpern gemacht wurden, die aus ihren verschiedenen Combinationen hervorgehen.

§. 2. **Charaktere der leblosen Körper.** Die leblosen Körper finden sich vollständig gebildet in der Natur, ohne daß man ihren Ursprung kennt, oder sie bilden sich auch unmittelbar, so oft einige Elementartheilchen ungehindert auf einander wirken und sich ihrer gegenseitigen Verwandtschaft (Affinität) überlassen können. Daraus entsteht nun bald die eine, bald die andere Art, je nach ihrem Zusammentreffen oder der Existenzweise der Elemente, und selbst je nach unserem Belieben, in so fern wir viele künstliche machen können.

Unwesentliche Form. Einmal gebildet, können mehrere dieser Körper sowohl in festem, als flüssigem und gasförmigem Zustand sein, je nach den Umständen, in die sie versetzt werden; so ist z. B. das Wasser fest unter 0°, flüssig über 0° und gasförmig bei 100°; so können der Zucker, das Kochsalz, die in ihrem natürlichen Zustande fest sind, durch die Gegenwart von Wasser, die Harze durch den Weingeist ꝛc. in flüssigem Zustande erhalten werden. Daraus folgt nun, daß die Form nicht immer wesentlich ist im leblosen Körper, und daß sie sich durch eine neue, von der Bildung und zugleich von der Existenz unabhängige Operation äußern wird.

Unbegränzte Zunahme (Wachsen) **von außen.** Der feste leblose Körper kann das Volumen und die Form, in denen er nach seiner Bildung und seinem Festwerden auftritt, beibehalten, aber er kann sich auch vergrößern, und dieses geschieht immer an seiner Außenfläche, durch eine neue Anhäufung von Theilchen, die sich um die ersteren herum gruppiren und auf diese Weise die Masse derselben unbegränzt vermehren können.

Diese Zunahme kann ununterbrochen geschehen, kann aber auch allmählig in unbestimmten Epochen, die einzig und allein von äußern Umständen abhängen, unterbrochen und wieder fortgesetzt werden.

Formveränderung. In diesen zufälligen Volumenveränderungen kann sich die Form des festen Körpers beständig erhalten, oder kann sich auch auf alle Arten, ohne Ordnung, wie auch ohne bestimmte Zeit, abändern. Sie kann rein zufällig sein, da sie von einer gewissen Eigenschaft abhängig sein kann, die der leblose Stoff besitzt, sich unter geometrischen Formen anzuhäufen, welche selbst wieder in der gleichen Substanz unendlich variiren können. Ein und derselbe Körper kann zuerst eine Form haben, dann kann er nach und nach, je nach den Umständen, mehrere andere annehmen.

Um sich davon zu überzeugen, bringe man z. B. ein unregelmäßiges Stück Alaun, das an einem Faden aufgehängt ist, in eine gehörig conzentrirte Auflösung von dem gleichen Salze, so wird man ihn sich vergrößern und eine regelmäßige Form, die gewöhnlich die des Octaeders ist, annehmen sehen. Dann hänge man es in einer andern Auflösung des nämlichen Salzes auf, in welche man zuvor Kreide so lange eingerührt haben wird, bis sich das Aufbrausen sehr merklich vermindert hat, so wird man es noch größer werden und zur Würfelform übergehen sehen. Bringt man es noch einmal in die erste Auflösung, so wird es wieder in ein Octaeder übergehen und sich immer noch vergrößern 2c. Endlich hänge man es unter einem Gefäß, am Rande einer beinahe capillarischen Oeffnung auf, durch welche die Flüssigkeit langsam durchsickern kann, so wird es immer noch durch neue Schichten an Größe zunehmen alsdann aber wird es eine runde und längliche Form annehmen, und endlich eine unregelmäßige conische Form erhalten und etwas darstellen, was man Stalaktit nennt.

Wenn man den Körper mit einer leichten Carminschichte vor jedem Eintauchen bedeckt, so wird man dann in der Masse ganz leicht die verschiedenen Formen, welche vorkommen können, und die allmähligen Vergrößerungen unterscheiden. In den natürlichen Körpern zeigen sich beinahe ähnliche Umstände, durch die man erkennt, daß sie auch verschiedene aufeinanderfolgende Veränderungen erlitten haben.

Unbegränzte Existenz. Zerstörung. Sind die leblosen Körper einmal gebildet, so können sie unendlich lange fortbestehen, denn man bemerkt in den Monumenten Substanzen, die schon mehrere tausend Jahre zählen, und dennoch zeigt sich nichts, was auf eine nahe bevorstehende Zerstörung hinweist. Diese Körper können nur durch die Wirkung einer äußern Ursache in ihrem Bestehen aufhören; allein man muß eine scheinbare und eine wirkliche, reelle Zerstörung unterscheiden. Die scheinbare Zerstörung ist oft eine reine und einfache Zerlegung der Theilchen, die unter dieser oder jener Form mit einander vereinigt gewesen sind; alsdann ist auch die Art des Bestehens verändert, der Körper ist pulverförmig geworden, ist aufgelöst, ist flüssig gemacht worden, hat aber darum nicht zu existiren aufgehört.* Die wirkliche, die reelle Zerstörung ist das Resultat einer totalen oder partiellen Trennung der Elemente, woraus der Körper gebildet ist. Dies geschieht z. B. beim Brennen des Kalksteines, welcher dadurch seine Kohlensäure verliert; bei der Efflorescenz einer Menge Salze, welche entweder alles Wasser, das sie in ihrer Zusammensetzung enthalten, oder nur einen Theil desselben verlieren; im salpetersauren Ammoniak, einem festen Kör-

* Es gibt auch eine scheinbare Zerstörung, die dadurch entsteht, daß der Körper als bildender Theil in eine neue Verbindung eintritt; auf diese Weise verwandelt sich z. B. das Eisen in Rost, indem es sich mit dem Sauerstoff und Wasser, das in der Atmosphäre enthalten ist, verbindet.

per, der sich in der Hitze in Wasser und Stickstoffoxidul zersetzt. Die natürlichen Körper bieten uns eine Menge dieser verschiedenen Arten von Zersetzung dar.

§. 3. **Verschiedenheiten in den belebten Körpern. Entstehung.** Diese Charaktere der unbelebten Körper sind alle sehr verschieden von denen der belebten. Diese letzteren entstehen immer aus schon vorhandenen und ihnen selbst ähnlichen Individuen, und die Arten pflanzen sich auf so von Geschlecht zu Geschlecht fort, ohne wesentliche Veränderungen zu erleiden; kein Umstand waltet ob, durch den sich neue bilden könnten; auch sind wir keineswegs hier im Stande, künstliche zu machen.

Bestimmte Formen. So bald der belebte Körper existirt, hat er nothwendig eine eigene und bestimmte Form, weil das Leben die Funktionen und die gegenseitigen Wirkungen verschiedener Theile erfordert, welche feststehende Formen haben und deren relativen Lagen oder Stellungen streng geordnet sind.

Begränztes und von innen heraus vor sich gehendes Wachsen. Die belebten Körper wachsen immer nach ihrer Entstehung und zwar immer auf dieselbe Weise, gewöhnlich bis zu einer gewissen Gränze, die niemals überschritten wird. Dieses Wachsen geschieht aber innerlich in Folge der Ernährung, oder des Vermögens, das der belebte Körper besitzt, in verschiedenen Modifikationen einen Theil der umgebenden Substanzen an sich zu ziehen und sich einzuverleiben, während er zugleich einen Theil derjenigen ausstößt, die schon in seinem Besitz waren.

Beständigkeit der Form. Die Form bleibt alsdann unverändert; oder wenn sie auch manchmal gewisse Veränderungen erleidet, so geschieht dies immer in einer genau bestimmten Ordnung und in bestimmten Zeiten, die keiner Abänderung unterworfen sind.

Begränzte Existenz. Tod. Dieser Wechsel von Zusammensetzung und Zerlegung, welche das Leben

constituirt, findet immer nur eine begränzte Zeit lang Statt; sie hält ohne Wiederkehr in einem gewissen Momente inne und der belebte Körper ist nicht mehr. Der Tod ist eine unvermeidliche Folge von dem Leben, und bloß eine Masse von Theilchen bleibt noch übrig, welche im Augenblick sogar schon beginnen, auf eine ganz andere Weise auf einander und auf die umgebenden Körper einzuwirken; daraus geht nun eine mehr oder weniger vollständige Zerstörung dessen, was bestand, und die Erzeugung einiger neuen Stoffe aus der Klasse der unbelebten Körper hervor.

§. 4. **Unbelebte Körper organischen Ursprunges und Mineralien.** Die zusammengesetzten natürlichen Körper sind verschiedener Art; es gibt solche, die sich nur dann bilden zu können scheinen, wenn die Verwandtschaft der Elementarprinzipien unter der langsamen und fortgesetzten Wirkung der Lebensfunktionen, mit deren Hülfe eine kleine Anzahl von Elementen sich in sehr verschiedenen Proportionen zusammensetzen und somit eine Menge neuer Körper bilden können, in Thätigkeit gesetzt werden. Diese Körper sind z. B. der Zucker, der Gummi, die Harze, die fetten Substanzen, gewisse Säuren oder gewisse Salze 2c., mit einem Worte, alle in den belebten Körpern gebildeten unthätigen Stoffe, die man auf verschiedene Weise ausziehen kann. Dagegen bilden sich andere Körper beständig, oder haben sie sich beständig gebildet und oft im Ueberfluß, ohne Mitwirkung der Lebenskräfte: solche sind die salzigen, die erdigen, metallischen 2c. Substanzen, die wir im Schooße der Erde finden, oder von denen wir eine große Anzahl beliebig hervorbringen können.

Diese letzteren Substanzen hat man noch specieller mit dem Namen Mineralien bezeichnet, die den Gegenstand der Mineralogie bilden. Jedoch hat man sich auch daran gewöhnt, damit das Studium verschiedener Substanzen organischen Ursprungs zu

verbinden, die ehemals im Schooße der Erde vergraben wurden, wo sie verschiedene Veränderungen erleiden konnten. Man verbindet heutigen Tages noch damit sogar die tropfbarflüssigen und gasförmigen Körper, die sich auf der Erdoberfläche vorfinden; denn wenn ihnen auch der Name Mineralien nicht sehr zuzukommen scheint, so sind sie nicht weniger unbelebte Körper, die man nicht unter denjenigen begreifen kann, die mit Hülfe der Lebensverrichtungen sich bildeten.

Was die unthätigen Substanzen betrifft, die von den organischen Körpern erzeugt werden, so gehört ihr Studium, da sie natürliche Körper sind, der Physiologie an, die sich mit den Erscheinungen beschäftigt, welche das Leben in den Wesen hervorbringt, die damit begabt sind. Uebrigens zeigen diese Arten von unbelebten Körpern, sowie die künstlichen, die wir der Technologie überlassen, die nämlichen allgemeinen Eigenschaften, wie alle andern, und wir haben keineswegs nothwendig, sie auf eine specielle Weise zu studiren, um das kennen zu lernen, was sie Wichtiges in Beziehung auf den Gegenstand, den wir im Auge haben, darbieten.

§. 5. **Art, diese Körper zu studiren.** Es gibt nur eine einzige Weise, wie man die Körper studiren soll; d. h. man untersuche sie, jedes einzeln, und merke sich alle Eigenschaften, alle Charaktere, die sie darbieten können. Dies ist die analytische Methode, die einzige, die der Naturforscher anwenden kann, um zu den Kenntnissen zu gelangen, die er besitzen soll. Haben sich aber die speciellen Forschungen hinlänglich ausgedehnt, so geht daraus eine Gesammtheit, ein Ganzes, von allgemeinen Thatsachen hervor, die man auf dem Wege der Synthesis darstellen kann und die der Ausdruck des Wichtigsten ist von dem, das man kennen lernen will. Alsdann kann man alle Körper ganz genau vergleichen, kann ihre Analogien oder ihre Unterschiede feststellen und sie so eintheilen, daß

eine kleine Anzahl von ihnen eine genügende Vorstellung von allen andern uns geben kann. Zu diesem Punkte sind wir sowohl hinsichtlich der unbelebten Körper, als der belebten gelangt und können sie auf eine allgemeine Weise abhandeln, was für jeden guten Unterricht streng nothwendig wird.

Die organischen Gebilde und die Funktionen jedes Organes, in allen Wesen verglichen, bilden das Allgemeinste und Wichtigste im Studium der belebten Körper; dann sind die chemischen und physikalischen Eigenschaften von untergeordnetem Werth. Bei den unbelebten Körpern ist es das Gegentheil: hier gibt es weder Organisation noch Verrichtungen; aber die physikalischen und chemischen Eigenschaften erhalten eine große Wichtigkeit durch die erstaunenswürdige Mannigfaltigkeit der Thatsachen. Einerseits bieten uns die Gestalt, die Struktur, die Elasticität, die optischen Eigenschaften, die chemische Zusammensetzung eine Menge Thatsachen dar; anderseits haben die Beziehungen dieser verschiedenen Eigenschaften und Umstände, welche sie entstehen lassen und modificiren, keine geringere Bedeutung als die physiologischen Erscheinungen in den belebten Körpern. Dies sind eben so viele in der eigentlichen Mineralogie abzuhandelnde Gegenstände.

Sind aber im Studium der belebten Körper die Gewohnheiten, die Beziehungen zum Boden, die geographische Verbreitung und die Anwendung Kenntnisse von dem höchsten Interesse, so sind auch die natürlichen Vereinigungen der Mineralien, die Art ihres Vorkommens im Schooße der Erde, die Ausdehnung und die Grenzen der Ablagerungen, die sie bilden können, die Beziehungen dieser Ablagerungen unter einander, die Erscheinungen, von denen sie der Schauplatz sind oder waren 2c., eben so viele unserer Aufmerksamkeit würdige Gegenstände und oft für uns von großem materiellem Nutzen. Die Thatsachen, die man unter diesen verschiedenen Beziehungen kennt, sind dermaßen zahl-

reich, daß sie einen besonderen Zweig der Wissenschaft bilden, den man mit dem Namen Geologie bezeichnet, die wir noch besonders abhandeln werden.

Physikalische Eigenschaften der Mineralien.

§. 6. Die physikalischen Eigenschaften der Mineralien begreifen die Formen und Strukturen, den elastischen Zustand, die Wirkung auf das Licht, das specifische Gewicht, die elektrischen und magnetischen Eigenschaften, die Härte, die Zähigkeit, die Biegsamkeit, die Dehnbarkeit, die Wirkung auf den Fühlsinn, das Wärmeleitungsvermögen, den Geruch, den Geschmack, das Vermögen, die Feuchtigkeit in sich aufzunehmen oder abzugeben, welche das Anhängen an der Zunge, die Zerfließbarkeit und die Efflorescenz bedingen.

Formen der Mineralien.

§. 7. Die Formen, unter welchen die unbelebten Körper sich uns darbieten, sind zweierlei Art: die einen stellen Polyeder dar, die durch ebene, glatte, manchmal so glänzende Flächen regelmäßig begränzt sind, wie wenn sie durch einen Steinschneider geschliffen worden wären, die andern bieten uns Formen jeder Art dar, die häufig abgerundet, manchmal unregelmäßig eckig sind, oder sich auf organische Formen 2c. beziehen.

Die vieleckigen, polyedrischen Formen, die man mit dem Namen Krystalle bezeichnet, scheinen von gewissen Eigenschaften herzurühren, die mit den meisten Körpern unzertrennlich verbunden sind und vermöge deren ihre Moleküle sich unter geometrischen Formen zu vereinigen suchen, wenn sie sich ungehindert der Cohäsionskraft in dem Momente überlassen können, wo sie sich zu festen Massen vereinigen. Diese Formen bilden

sich vor unsern Augen unter vielen Umständen und auf verschiedene Weisen: durch Auflösung, Schmelzung, Sublimation, was in der Natur gleichfalls stattzufinden scheint.

In unsern chemischen Fabriken und Laboratorien verschafft man sich eine große Anzahl Salze in Krystallen, indem man den Körper in Wasser auflöst, die Auflösung gehörig conzentrirt und diese sich selbst überläßt. Man kann sich davon überzeugen, wenn man z. B. in kochendem Wasser so viel Alaun sich auflösen läßt, als diese Flüssigkeit aufnimmt, und die helle Lösung in ein Gefäß gießt, worin man einige Fäden aufgehängt hat: bald darauf werden sich Krystalle absetzen, die um so größer sind, je mehr Flüssigkeit vorhanden ist.

Die geschmolzenen Massen, die man langsam erkalten läßt, krystallisiren gleichfalls im Innern der Masse; man beobachtet dies besonders dann, wenn man die an der Oberfläche festgewordene Kruste durchbricht und das ausgießt, was noch von flüssiger Masse zurückbleibt. Einen Versuch der Art kann man bei dem Wismuth, Antimon, Schwefel ꝛc. machen, welche leichtflüssig sind; die Krystalle, die man so erhält, sind um so deutlicher, je größer das Volumen der geschmolzenen Masse ist.

Mehrere flüchtige Stoffe, wie Arsenik, arsenige Säure ꝛc. verflüchtigen, wenn sie in einem geschlossenen Gefäß erhitzt werden und setzen sich am obern Theil des Apparates in Krystallen ab.

Die unregelmäßigen Formen sprechen sich in einer Menge Umstände aus, wo sich die Wirkung der natürlichen Attractionen durch äußere Ursachen mehr oder weniger gestört und selbst ganz unterbrochen findet; die Formen, die sich alsdann bilden, sind rein zufällig und daher weit weniger wichtig für die Betrachtung, als die vorhergehenden; indessen wollen wir doch auch einige Notiz von ihnen nehmen.

Studium der Krystalle.

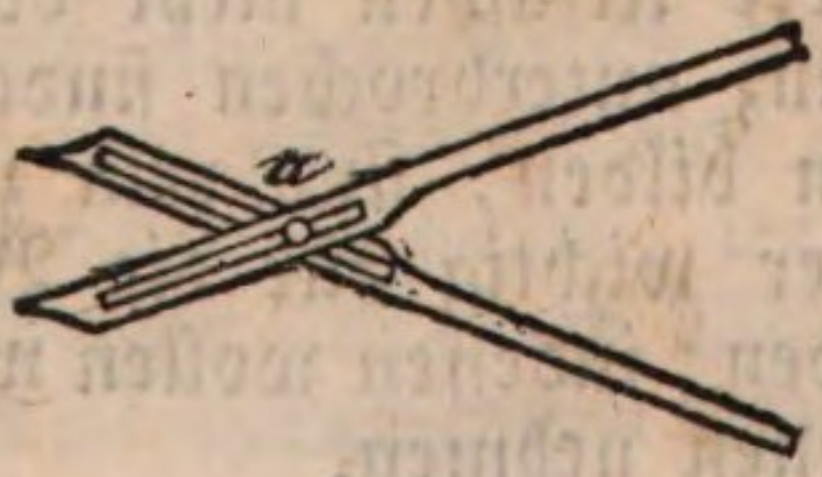
§. 8. Wie man die Krystalle studiren soll. Es ist noch nicht genug, wenn man im Allgemeinen weiß, daß die unbelebten Körper krystallisiren können, denn man muß auch noch die Natur der Polyeder, welche sie darstellen, kennen, muß die Beziehungen feststellen, welche zwischen den einen bestehen, und die Gegensätze, welche die andern darbieten können.

Das erste, was man zu thun hat, ist dies, daß man sich davon versichere, ob diese Polyeder geometrische Eigenschaften besitzen, d. h., ob ihre Flächen keine zufällige Lage haben, wie diejenigen, welche durch Brüche in allen Richtungen, durch die Zusammenziehung der Substanzen, die vertrocknen 2c., erzeugt werden können. Hat man dies erkannt, so muß man durch eine hinlängliche Betrachtung der Einzelheiten, diese Charaktere mit so viel Genauigkeit feststellen, daß sie zur deutlichen Unterscheidung der verschiedenen Arten von Krystallen und zur Entdeckung von Analogien und Unterschiede da dienen können, wo das sich selbst überlassene Auge häufig sich täuschen könnte.

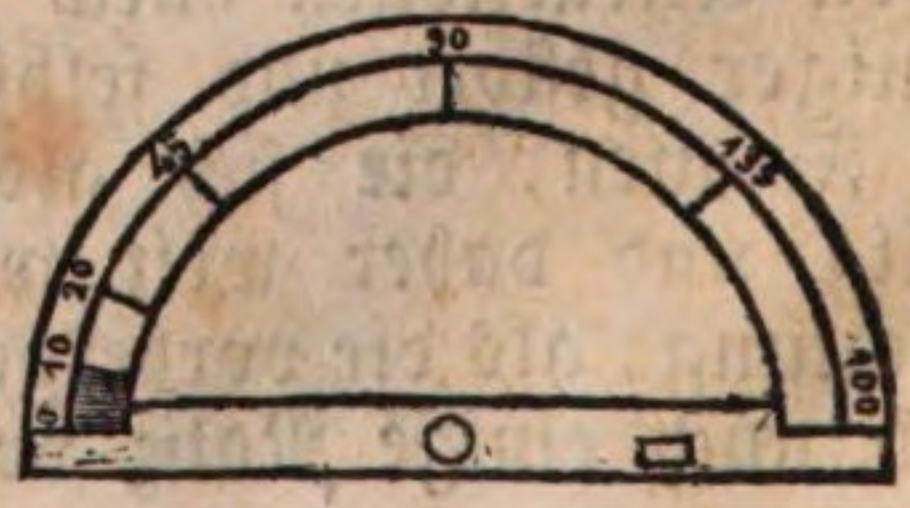
§. 9. Messen der Winkel. Um die geometrische Beschaffenheit der Krystalle zu erkennen, hat man sie bloß genauen Messungen zu unterwerfen, wozu man sich gewisser Instrumente bedient, die man **Goniometer** nennt.

Das einfachste dieser Instrumente besteht in zwei länglichen Plättchen (Fig. 1.), welche in a vereinigt und beweglich sind, sich mehr oder weniger öffnen,

1.



2.



und sich verlängern und verkürzen können, indem sie in Einschnitten hin- und hergleiten. Diese beiden Plättchen legt man möglichst genau an die beiden Flächen an, deren Neigungswinkel man messen will; hierauf legt man sie auf einen Winkelmesser (Fig. 2.) in den darauf bezeichneten Punkten und liest die Größe des Winkels auf dem Limbus ab.

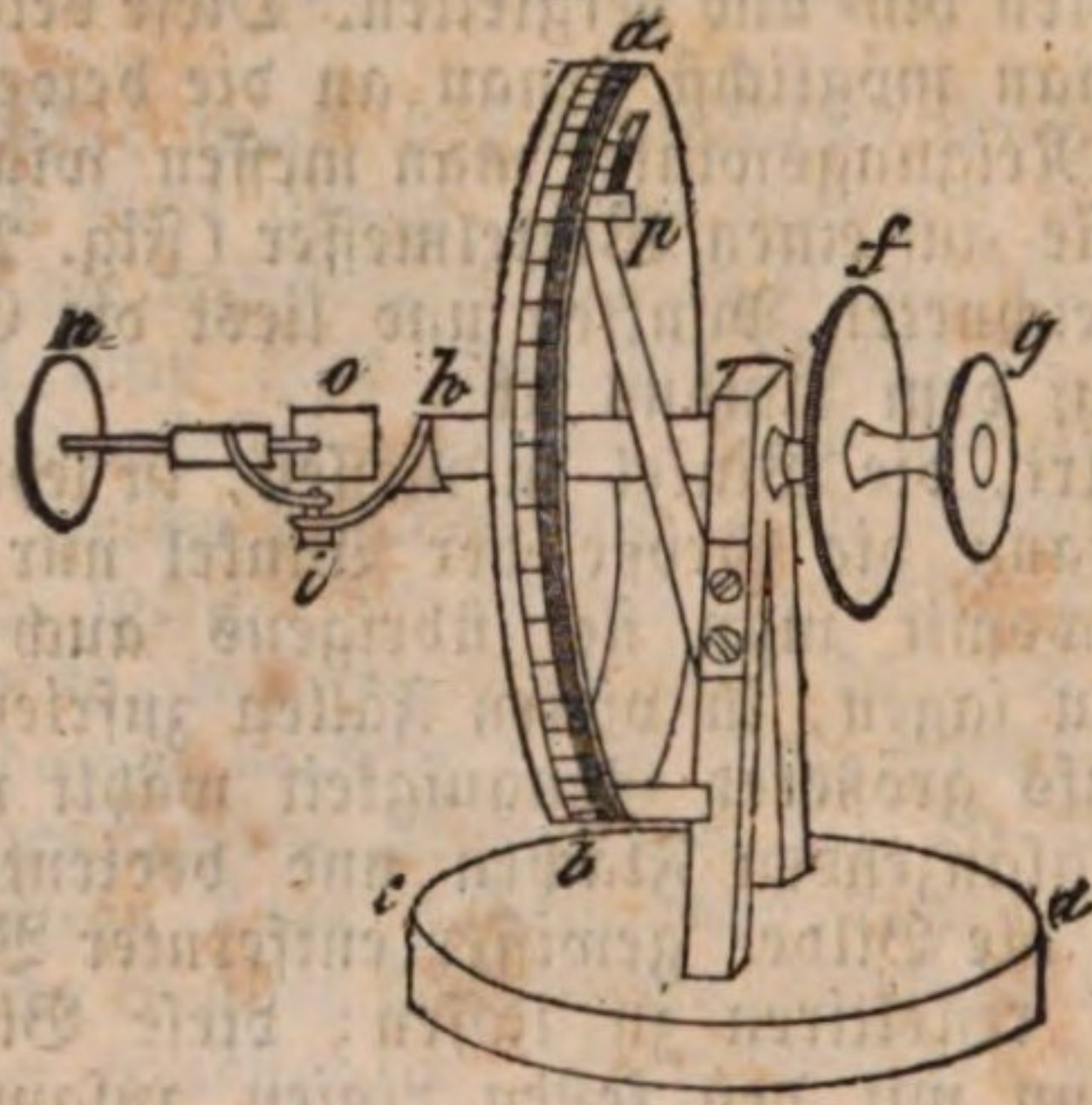
Diese Art, die Winkel zu messen, ist sehr mangelhaft und kann die Größe der Winkel nur beiläufig angeben, womit man sich übrigens auch, um die Wahrheit zu sagen, in vielen Fällen zufrieden geben kann. Behufs größerer Genauigkeit wählt man Krystalle mit glänzenden Flächen und bedient sich derselben, um die Bilder gewisser entfernter Visierlinien sich darauf reflektiren zu lassen; diese Bilder kann man alsdann mit den festen Linien zusammenfallen lassen, und indem man den Krystall dreht kann man alsdann die Anfangspunkte der Bewegung auf der einen und die Endpunkte auf der andern Fläche genau bestimmen. Da der Apparat auf einem Kreise angebracht ist, so erhält man den beschriebenen Winkel durch die Bewegung des Krystalls und folglich auch die Neigung seiner Flächen.

Für diese Messungen hat man zwei Hauptinstrumente, den Goniometer von Wollaston, und den von Babinet, der außerdem noch zu mehreren wichtigen Beobachtungen in der Mineralogie angewandt werden kann.

Goniometer von Wollaston. — Dieses Instrument (Fig. 3) besteht aus einem eingetheilten Kreise aus Kupfer, *ab*, der sich in vertikaler Stellung auf einem Gestelle *d* befindet und um eine horizontale Axe mittelst des Knopfes *f* gedreht werden kann. Durch diese Axe geht eine andere hindurch, die man für sich allein mit Hülfe des Knopfes *g* drehen kann und die an ihrem andern Ende verschiedene bewegliche Stücke trägt. Diese Stücke bestehen in einer krummen Platte, die sich von oben nach unten in *h* bewegen kann, und deren vorderer in *i* beweglicher Theil von der rechten Seite nach der linken sich bewegen läßt. Eine kleine Platte *o*, deren Ebene sich in der Axe des Apparates befindet, dient dazu, um den Krystall darauf zu befestigen, und kann mittelst des Knopfes *n* in Bewegung gesetzt werden.

Um sich dieses Instrumentes zu bedienen, befestigt man zuerst den Krystall auf dem Träger *o* mit weichem Wachse, und zwar so,

3.



daß die Kante der beiden Flächen, die man messen will, beinahe senkrecht zur Ebene des Kreises steht und in der Rotationsaxe ist. Hierauf stellt man den Goniometer an einem hellen Orte auf einen Tisch, um die Operation vorzunehmen.

Die Kante des Krystalls in eine horizontale Lage zu bringen. — Zuerst muß die Kante des Krystalls genau horizontal sein, wenn die Ebene des Kreises vertikal ist. Um zu dieser nothwendigen Genauigkeit zu gelangen, geht man von dem Grundsatz aus, daß ein horizontaler Spiegel das Bild der Gegenstände, welche die gleiche Lage haben, horizontal zurückwirft. Man sucht also zwei entfernte horizontale Linien, z B. eine Linie auf einem Dache, und stellt die Ebene des Kreises beinahe senkrecht zur Ebene des Gebäudes, welches jene Linien darstellt. Hierauf nähert man sich so sehr als möglich mit dem Auge dem Krystall, und bringt, indem man die innere Axe mit Hülfe des Knopfes *g* dreht, eine der Krystallflächen in eine solche Lage, daß sie z. B. die höchste der gewählten Visierlinien zurückwerfen kann; dann fährt man langsam zu drehen fort, bis das Bild, das man wahrnimmt, sich der untersten Visierlinie, die man direkt sieht, nähert, und untersucht alsdann, was vor sich geht. Fallen die beiden Linien in ihrer ganzen Länge auf einander, so ist die Fläche des Krystalls horizontal; fallen sie aber nicht in eine zusammen, so verändert man ganz subtil entweder die Stellung des Kreises oder die des Krystalls mit Hülfe der Stücke, die in *h* und *i* beweglich sind, bis diese Linien zusammenfallen.

Dieselbe Operation nimmt man mit der zweiten Flache vor, welche man in die gehörige Lage bringt, indem man sie durch den Knopf *n* dreht. Ist sie endlich so gestellt, daß das reflektirte Bild mit dem direkten zusammenfällt, so kommt man wieder auf die erstere

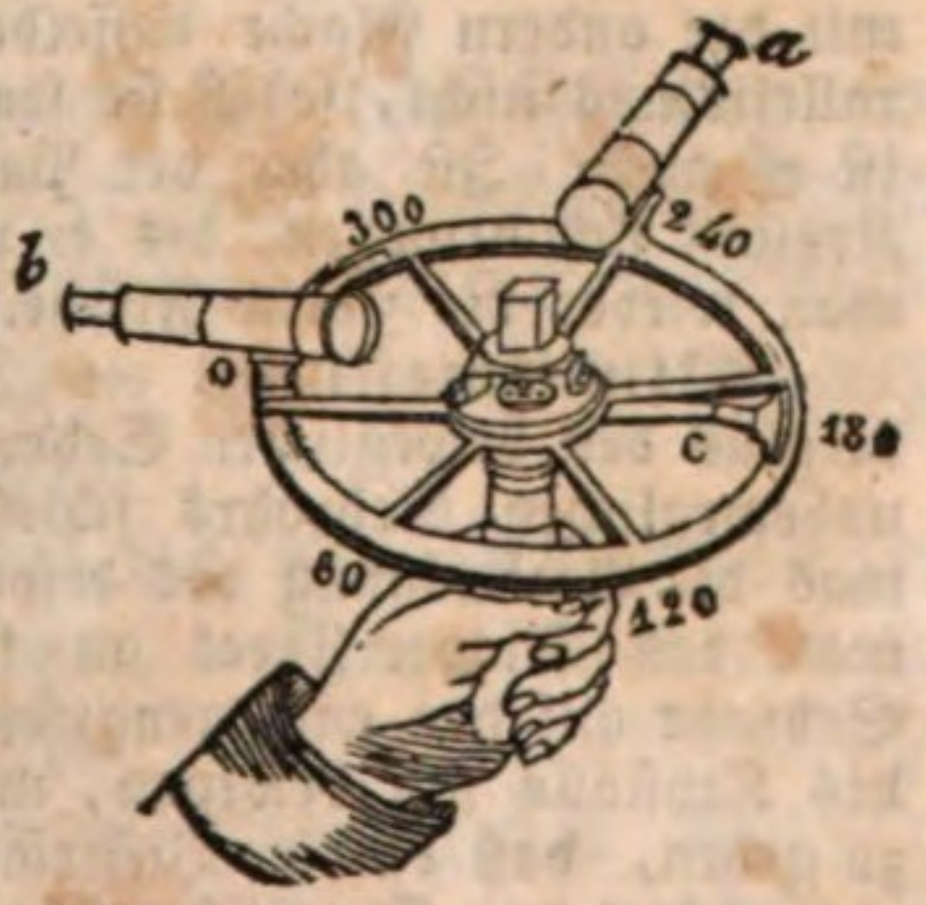
zurück, um zu sehen, ob keine Verrückung stattgefunden hat. Nach verschiedenen Versuchen, die man mit großer Sorgfalt anstellen muß, gelangt man endlich zur Coincidenz der Visierlinien auf der einen und andern Fläche, die alsdann alle beide horizontal sind, und deren Durchschnitt daher selbst auch horizontal ist.

Messen des Winkels. — Ist dies geschehen, so stellt man den eingetheilten Kreis auf 0° oder auch auf 180° (denn er ist in zwei Theile abgetheilt), was dadurch geschieht, daß man den Knopf *f* dreht: ein Haltpunkt zeigt an, wenn man dahin gekommen ist. Man dreht alsdann zuerst den Krystall mittelst des Knopfes *g*, um eine Fläche in solche Stellung zu bringen, daß sie die obere Visierlinie zurückwirft, um sie mit der untern Linie genau zusammenfallen zu lassen. Ist auch dies geschehen, so dreht man mit Hülfe des Knopfes *f* den Kreis selbst, welcher alsdann den Krystall in seiner Rotation mit fortbewegt, bis die Reflexion und das Zusammenfallen der Visierlinien auch genau auf der zweiten Fläche stattfinden. Es handelt sich jetzt nur noch darum, daß man die Grade auf dem Limbus und die Bruchtheile der Grade auf dem Vernier *p* abliest.

Dieses Instrument ist bloß zum Messen sehr kleiner Krystalle bestimmt, weil, da das Auge nicht fest und die Entfernung der Visiergegenstände niemals sehr groß ist, die Dimension des Krystalls und seine Entfernung vom Auge als sehr klein betrachtet werden können. Dies ist aber in der That ein Vortheil, weil die kleinen Krystalle immer die deutlichsten und die am besten reflektirenden sind. Wir rathen, immer die entferntesten Visierlinien zu nehmen.

Goniometer von Babinet. — Dieses Instrument, das man in der Hand halten oder auf einem Fuß befestigen kann, besteht in einem aus zwei Fernröhren *a* und *b* und in einem Diopterlineal (Alidade) *c*, welches im Mittelpunkt sich dreht; das Sehrohr *a* ist unbeweglich, das Sehrohr *b* aber beweglich und mit einem Vernier versehen. Im Mittelpunkt befindet sich ein kleiner Träger, der um sich selbst gedreht werden kann und auf den man mit weichem Wachs den zu messenden Krystall befestigt.

4.



Von den Sehröhren enthält jedes innen zwei unter rechten Winkeln sich durchkreuzende Fäden, die im Brennpunkt des Ocularglases liegen, und die, wenn das Sehrohr gegen die Helle gedreht wird, sich auf diese Weise durch einen Büschel paralleler Lichtstrahlen beleuchtet finden. Diese Fäden ersetzen nun in dem festen Sehrohr die entfernten Visierpunkte. Ehe man sich dieses Instrumentes bedient, muß man jede der Sehröhren durch Auf- und Zuziehen so zurecht richten, daß man die entfernten Gegenstäden deutlich sehen und, indem man das Sehrohr *b* dem unbeweglichen Sehrohr *a* gegenüberstellt, die vier Fäden beobachten kann.

Stellung einer Visierlinie parallel mit dem Kreise. — Jetzt muß man einen der Fäden in dem unbeweglichen Sehrohr in eine parallele Richtung mit der Ebene des Kreises bringen; es wird dann der andere senkrecht sein. Man drehe deßhalb zuerst das Ocularglas des Sehrohrs *b* so, daß seine Fäden parallel mit denen des Sehrohrs *a* sind; hierauf bringe man das bewegliche Sehrohr abwechslungsweise von der rechten Seite nach der linken, und von der linken nach der rechten, um zu sehen, was aus diesen Bewegungen erfolgt. So lange die parallelen Fäden sich einander nähern oder aus einander treten, findet noch kein Parallelismus mit der Ebene des Kreises Statt; man muß deßhalb die Oculargläser ein wenig drehen, alsdann die Bewegung von rechts nach links, und von links nach rechts von Neuem beginnen: durch ein solches Hin- und Herprobiren gelangt man bald zu einer Stellung, wo die Fäden ihren Abstand nicht mehr während der Bewegung verändern; dann aber ist man sicher, daß sie mit dem Limbus parallel sind. Man befestigt nun den Krystall auf dem Träger mit weichem Wachse.

Den Krystall in vertikale Stellung zu bringen. — Die Kante des Krystalls muß senkrecht auf der Ebene des Kreises sein; um ihm diese Lage zu geben, drehe man, nachdem man z. B. das Sehrohr *b* nach rechts geschoben hat, den Träger, bis eine der Krystallflächen die durch das unbewegliche Sehrohr gelieferten Visierpunkte reflektirt und deren Bild in das bewegliche Sehrohr wirft. Bemerkt man nun, indem man dieses Sehrohr hin und her bewegt, keine Verrückung in dem zuvor hergestellten Parallelismus, so ist die Fläche vertikal; ist aber der Parallelismus gestört, so bewegt man den Krystall auf dem Wachse so, daß er sich wieder bildet. Nachdem nun dies für eine Fläche geschehen ist, drehe man den Träger, um mit der andern Flache dasselbe vorzunehmen. Stört diese den Parallelismus nicht, so ist sie senkrecht und die Kante der beiden Flächen ist es auch. Ist aber der Parallelismus gestört, so läßt man den Krystall sich bewegen, bis er wieder hergestellt ist, hierauf untersucht man wieder die zweite Fläche.

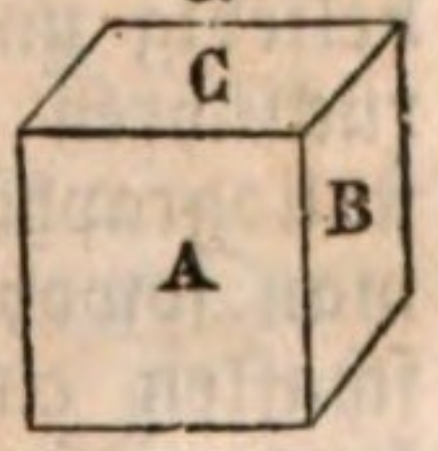
Winkelmessung. — Zuerst dreht man ein wenig das Ocularglas des beweglichen Sehrohrs, damit seine Fäden gegen die des unbeweglichen Sehrohrs schief zu stehen kommen, z. B. um 45°, was die Beobachtung des erforderlichen Deckens erleichtert. Nun legt man das Diopterlineal an 180 Grad und bringt das bewegliche Sehrohr auf den entgegengesetzten Theil des Kreises, läßt den Träger des Krystalls sich bewegen, um diesem letzteren eine solche Stellung zu geben, daß er die Visierfäden im beweglichen Sehrohr reflektirt, und richtet den Durchschnittspunkt der Fäden dieses letzteren auf den senkrechten Faden des unbeweglichen Sehrohrs. Ist auch dies geschehen, so bewegt man das Diopterlineal *c*, bis man die andere Krystallfläche dahin gebracht hat, daß sie den Visierlinien die nämliche Richtung gibt, und daß sie die gleiche Coincidenz des Durchkreuzungspunktes mit dem vertikalen Faden von *a* bewirkt. Nun bleibt nur noch das Ablesen des gesuchten Winkels auf dem Limbus übrig.

Beobachtung. — Das äußere Licht, das auf den Krystall

fällt, ist oft stärker als das, welches durch das unbewegliche Sehrohr herkommt, und macht es daher unmöglich, daß man das in diesem Lichte verlorene Bild der Visierfäden gewahre. Um diesem Uebelstand abzuhelfen, muß man schwarze Schirme um den Krystall herumstellen, wodurch dieser alles Lichtes, das nicht gerade durch das unbewegliche Sehrohr herkommt, beraubt wird.

§. 10. **Die Krystalle sind geometrische Polyeder.** — Da man nun die diedrischen Winkel der Krystalle zu messen weiß, so kann man sich überzeugen, daß diese Körper wirklich geometrische Polyeder sind. Wenn man z. B. die sechsflächigen Polyeder (Fig. 5), die man sehr häufig findet, untersucht, so bemerkt man, daß eine Seite, A, die mit B einen gewissen Winkel bildet, fast immer mit der links anliegenden Fläche immer einen Ergänzungswinkel macht. Ebenso macht die obere Fläche C, die einen gewissen Winkel mit A bildet, den Complimentswinkel mit der hintern Fläche, daraus ergibt sich, daß Körper dieser Art immer parallele Flächenpaare haben und daher nach der geometrischen Definition dieser Art Körper wahre Parallelipipeden sind.

5.



Wenn man die Neigungswinkel der Flächen in andern Polyedern mißt, so findet man gleichfalls nahe Beziehungen zwischen den Winkeln, welche überdies noch beweisen, daß diese Flächen stets auf eine ganz geometrische Weise geordnet sind.

§. 11. **Thatsachen, welche die Grundlage der Krystallographie bilden.** — Die polyedrischen Formen der unbelebten Körper sind außerordentlich zahlreich, und zwar nicht bloß, weil jeder Körper seine eigenthümlichen darbieten kann, sondern noch weit mehr darum, weil sich bei der nämlichen Substanz sehr verschiedenartige finden können. Die Anzahl dieser Formen geht heutigen Tages in die Tausende hinein, was anfangs ihr Studium eben so langwierig als schwierig erscheinen lassen könnte; allein es bestehen

allgemeine Thatsachen, welche das Studium sehr vereinfachen. Diese Thatsachen lehren:

1) daß eine große Anzahl scheinbar sehr verschiedener Formen sich auf die natürlichste Weise auf einander beziehen und nur mehr oder weniger starke Modifikationen von einander sind;

2) daß alle bekannten, und man könnte sagen, alle Formen, die man erst kennen lernen wird, sechs verschiedene Gruppen bilden, deren Charaktere scharf unterschieden sind;

3) daß in jeder dieser sechs Gruppen sämmtliche Polyeder sich genau auf eine einzige Form, die man beliebig unter den dahin gehörigen wählen kann, zurückführen lassen; daraus ergibt sich, daß alle krystallographischen Studien sich darauf beschränken, daß man sowohl die physikalischen als geometrischen Eigenschaften einer sehr kleinen Anzahl von Formen gut kenne, die man als Grundformen für alle andern nehmen kann. Machen wir nun diese großen Principien der Wissenschaft zum Gegenstand unserer Studien.

Veränderungen an den Krystallen.

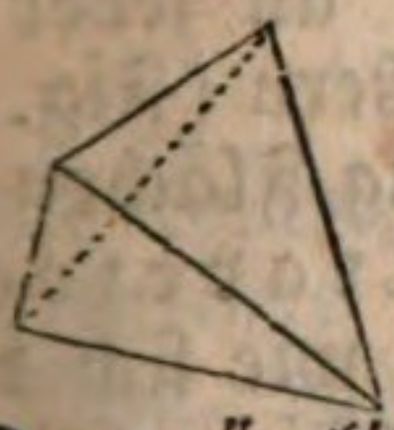
§. 12. Wie diese Veränderungen geschehen. — Die Krystalle werden, von welcher Form sie auch sein mögen, häufig durch neue Flächen verändert, die auf verschiedene Weisen an ihren Kanten oder an ihren Ecken erscheinen. Die so erzeugten Flächen sind manchmal außerordentlich klein, werden aber oft auch auf Kosten der ursprünglichen größer, die sie endlich auch ganz verschwinden lassen, wodurch ganz verschiedene Körper entstehen. Durch dieses Mittel verbinden sich die scheinbar entferntesten Formen miteinander, wie es die Reihe der hier zusammengestellten Figuren zeigt, und es werden für jede derselben einige Worte hinreichen. Bald geschehen die Umänderungen zugleich an allen Kanten und allen Ecken, mit einem Worte an allen gleichnamigen Theilen; bald ist dies nur an einigen

unter ihnen der Fall, und sie wechseln und mischen sich auf verschiedene Weisen.

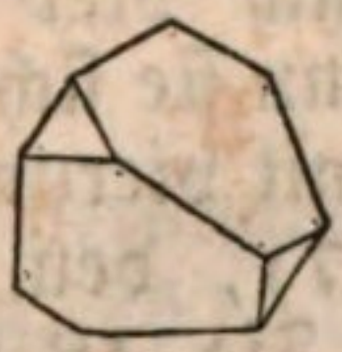
1) Veränderungen an allen gleichnamigen Theilen.

§. 13. Umbildung des Tetraeders. — Ein regelmäßiges oder unregelmäßiges Tetraeder (Fig. 6) findet sich in der Natur an den vier Ecken verändert* (Fig. 7); in verschiedenen Exemplaren sieht man die neuen Flächen sich auf Kosten der andern vergrößern und diese letzteren in Dreiecke verwandeln (Fig. 8), wodurch ein Octaeder entsteht.

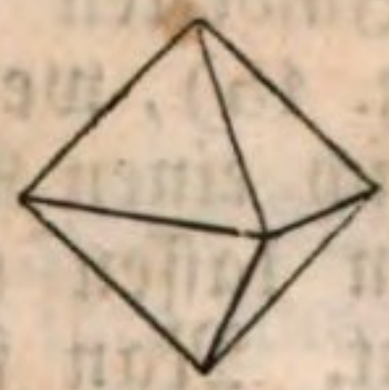
6.



7.

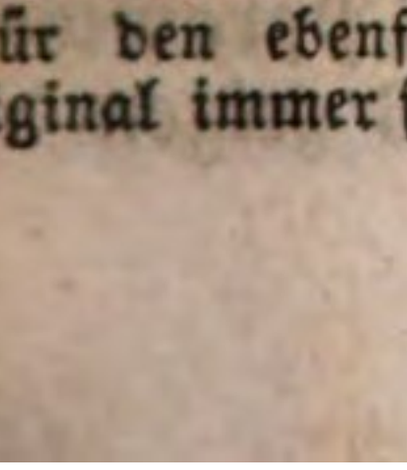


8.

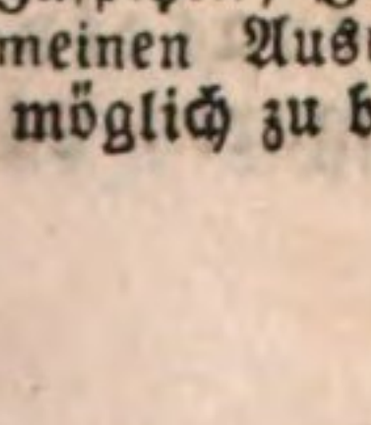


Der nämliche Körper verändert sich an den sechs Kanten (Fig. 9); die neuen Flächen vergrößern sich (Fig. 10), und wenn sie die ersten verschwinden lassen, so erhält man ein Parallelipiped (Fig. 11).

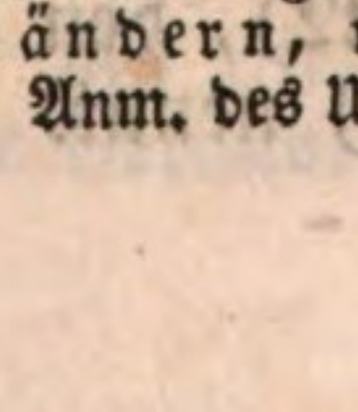
9.



10.



11.



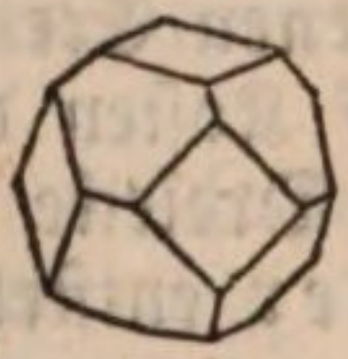
§. 14. Umbildung des Octaeders und des Parallelipipeds. — Das Octaeder selbst findet sich oft auf verschiedene Weisen verändert: wenn sich auf

* Der Verfasser hat durch den allgemeinen Ausdruck modifier alle möglichen Veränderungen, die an den Ecken und Kanten der Krystalle vorkommen können, bezeichnet. Offenbar bedeutet es an vielen Orten Abstumpfen, Zuspitzen, Zuschärfen ꝛc. Wir gebrauchen hiefür den ebenfalls allgemeinen Ausdruck verändern, um dem Original immer so treu als möglich zu bleiben. Anm. des Uebers.

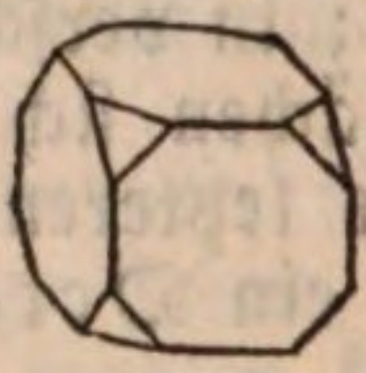
jeder der sechs Ecken eine Fläche zeigt (Fig. 12), so ist es der Fall, daß sich diese Flächen auf verschiedenen Exemplaren allmählig vergrößern (Fig. 13, 14) und daß bald auch das Parallelipiped (Fig. 11) zum Vorschein kommt, was auch zugleich zeigt, wie es das Octaeder selbst gibt.

12.

13.



14.

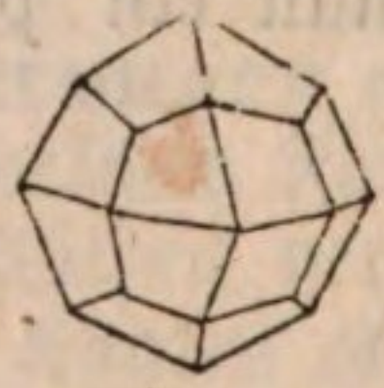


Zuweilen finden sich vier Flächen an jeder Ecke (Fig. 15), welche, wenn sie sich vergrößern (Fig. 16), endlich einen Körper mit vierundzwanzig Flächen entstehen lassen (Fig. 17), den man Trapezoeder nennt. Man sieht an Fig. 18 und 19, wie sich dieser neue Körper an das Parallelipiped (Fig. 11) anschließt.

15.

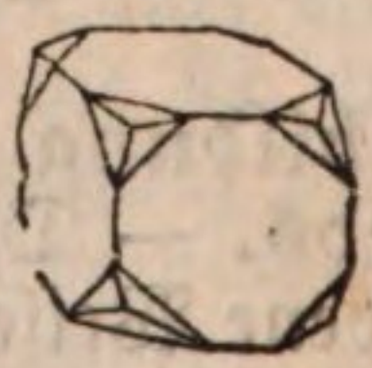
16.

17.



18

19.

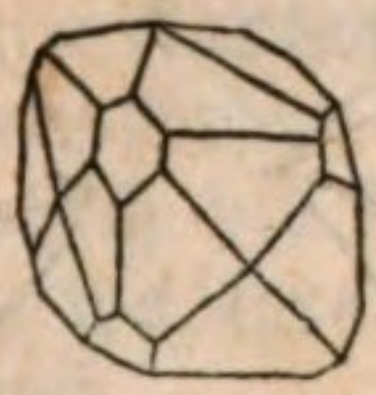


Wenn die vier neuen Flächen gegen die Kanten gedreht werden (Fig. 20) und sich allmählig, wie in Fig. 21, ausdehnen, so erhält man einen Körper (Fig. 22), den man Hexatetraeder (Pyramidenwürfel) nennt. Die Figuren 24 und 23 zeigen den

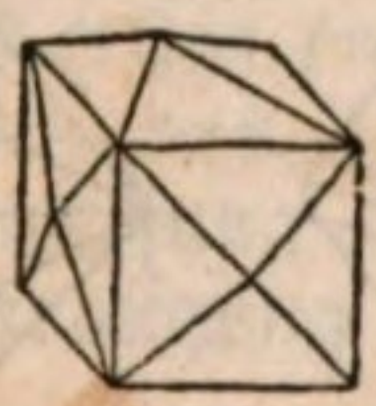
Uebergang des Parallelipipeds in diesen Körper und umgekehrt.

20.

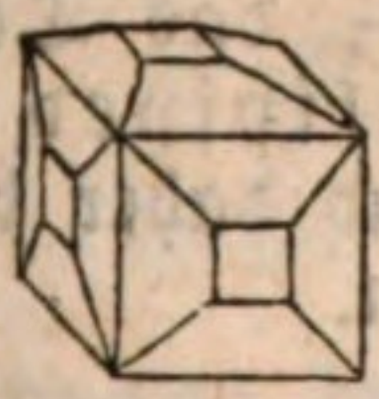
21.



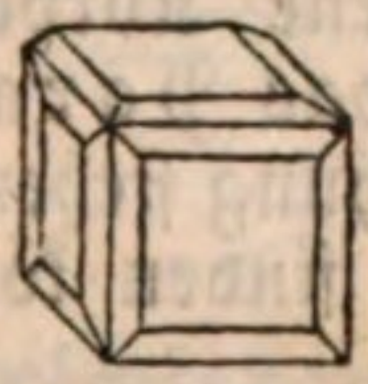
22.



23.



24.

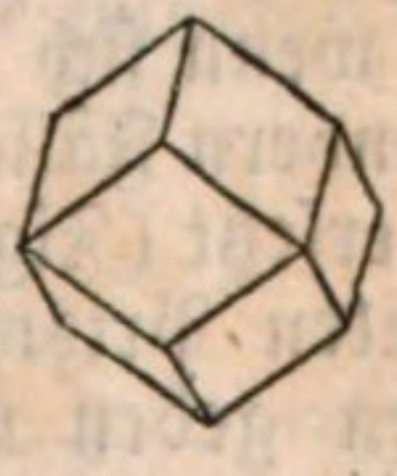


Auch kommen Veränderungen an den zwölf Kanten des Octaeders vor (Fig. 25), die durch ihre Ausdehnung (Fig. 26) ein Dodecaeder (Fig. 27) geben. An Figur 29 und 28 sieht man, wie das Parallelipiped den nämlichen Körper erzeugt

25.

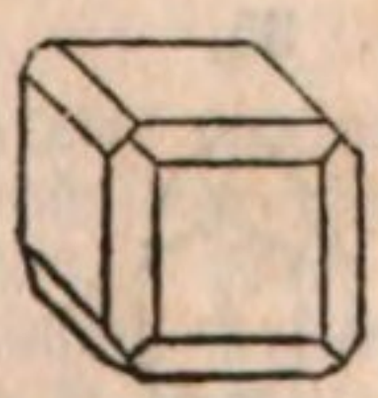
26.

27.



28.

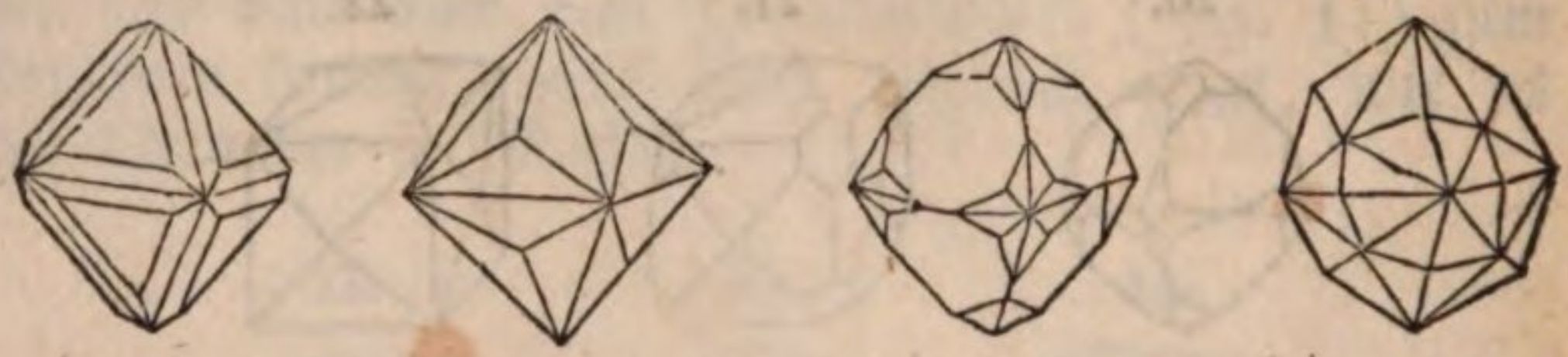
29.



Erscheinen statt der Kanten je zwei Flächen, wie Fig. 30, so entsteht ein anderer Körper mit vierundzwanzig Flächen (Fig. 31). Geschieht die Veränderung

an den Ecken durch acht Flächen (Fig. 32), so erhält man ein Polyeder mit achtundvierzig Flächen (Fig. 33).

30. 31. 32. 33.



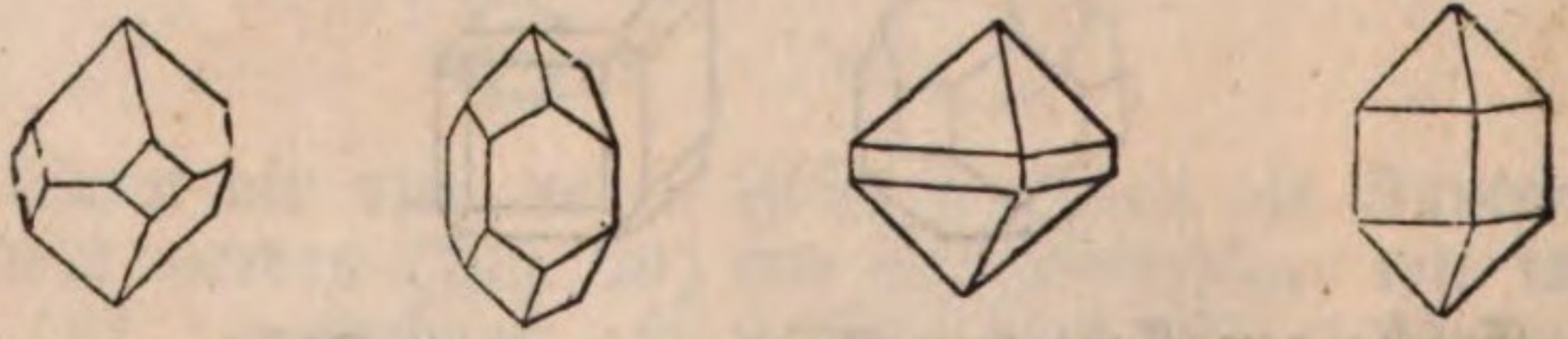
Diese ersteren Details zeigen zur Genüge daß sehr verschiedene Körper — das Tetraeder, das Octaeder, das Parallelipiped ꝛc., unter sich in nächster Beziehung stehen und daher bei der nämlichen Substanz sich finden können.

2) Veränderungen an den gleichnamigen Theilen all in, sowie auch öfters zugleich an den ungleichnamigen Theilen.

§. 15. **Uebergang des Octaeders in das Prisma.** — An gewissen Octaederarten finden sich oft nur die vier Seitenecken verändert (abgestumpft) (Fig. 34), wodurch ein pyramidales Prisma (Fig. 35) entsteht, wenn sich die Flächen hinreichend vergrößern.

In andern Fällen sind die vier Seitenkanten durch Flächen ersetzt (Fig. 36) und führen zu einem andern pyramidalen Prisma (Fig. 37). Diese beiden Combinationen geben mit einander vereinigt ein achtseitiges Prisma.

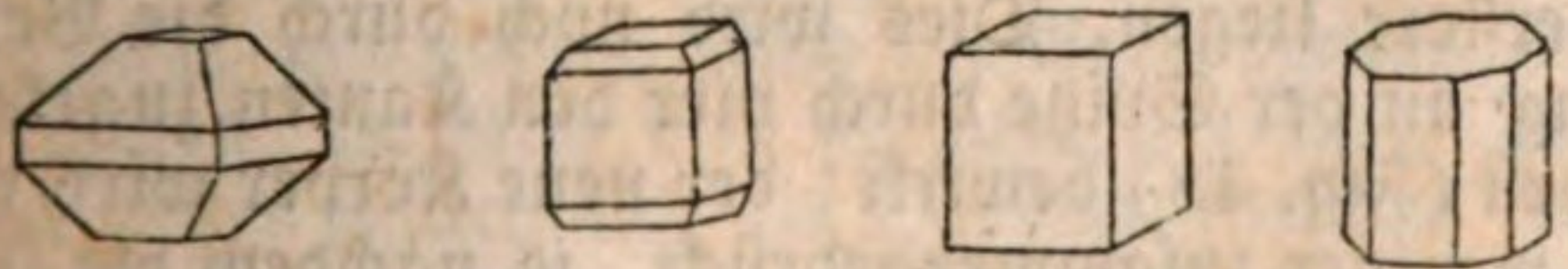
34. 35. 36. 37.



Neues Parallelipiped. — Wenn sich die Abstumpfung der Spitzen mit der Abstumpfung der Seiten-

kanten verbindet (Fig. 38), so entsteht durch weitere Ausdehnung (der Abstumpfungsflächen) (Fig. 39) ein neues Parallelipiped (Fig. 40), in diagonaler * Stellung gegen das erste (inverse du premier) (Fig. 11), d. h. dessen Flächen den Kanten des ersten entsprechen. Diese beiden Parallelipipeden gehen von dem einen in das andere über durch die Abstumpfung ihrer Seitenkanten (Fig. 41), wo ihre Vereinigung ein achtseitiges Prisma erzeugt.

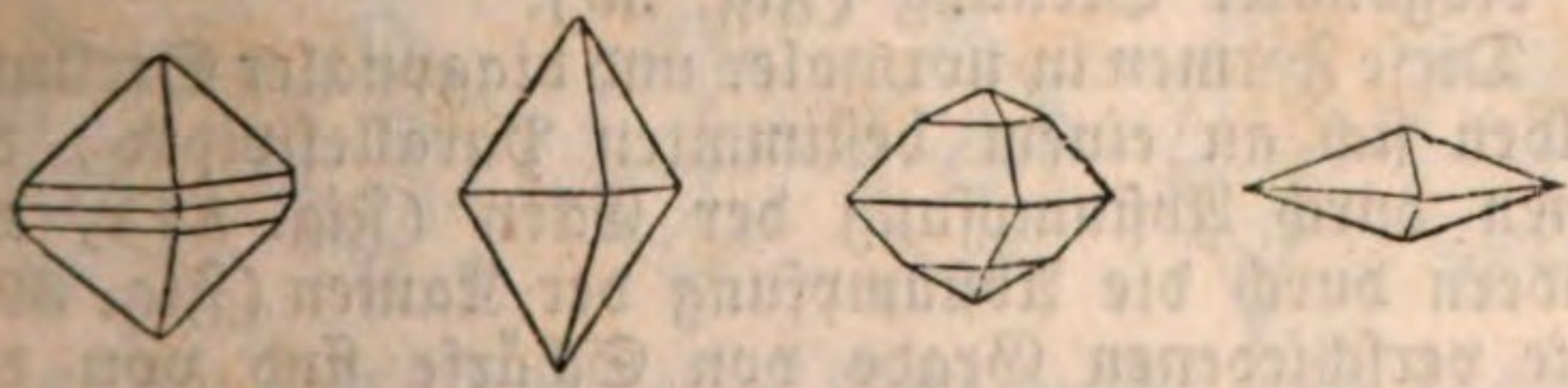
38. 39. 40. 41.



§. 16. Uebergang in verschiedene Octaeder. — Ein gegebenes Octaeder kann oft sehr viele andere erzeugen, wovon die einen spitzer, die andern stumpfer und die bald in normaler, bald in diagonaler Stellung sind.

1) Octaeder in normaler Stellung (octaëdre direct). Wenn an einem Octaeder die Seitenkanten (Fig. 42) durch zwei Flächen verändert (zugeschärft) werden, so entsteht ein spitzeres Octaeder

42. 43. 44. 45.



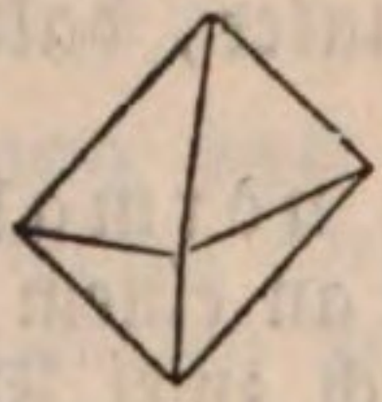
* Die Stellung, in welche man eine regelmäßige Gestalt, z. B. hier das pyramidale Octaeder, zu krystallographischen Untersuchungen versetzt, heißt die normale Stellung. Wird eine solche Gestalt, wenn sie dem pyramidalen (quadratischen) Systeme angehört, um die senkrechte Axe um 45° gedreht, so heißt dies die diagonale Stellung; wenn sie zu dem rhomboedrischen System gehört und um 60° oder 180° gedreht wird, die verwendete Stellung, welche beide letztere Ausdrücke der Herr Verfasser durch invers gegeben hat, während normal durch direct ausgedrückt ist. Anm. des Uebers.

(Fig. 43), im Fall die neuen Flächen sich so ausdehnen, daß die ersteren verschwinden. Wenn dagegen eine Veränderung an der Spitze vor sich geht (Fig. 44), so ergibt sich daraus ein stumpferes Octaeder (Fig. 45), dessen größeres oder geringeres Zusammengedrücktsein von der Neigung der neuen Flächen abhängt.

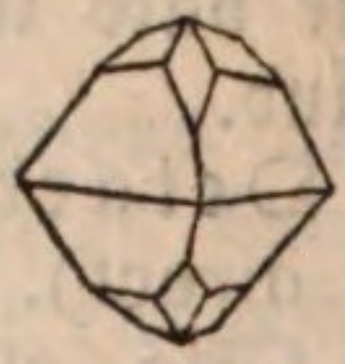
2) Octaeder in diagonaler Stellung (octaëdre inverse). — Durch die Abstumpfung der Gipfelkanten (Fig. 46) entsteht ein neues stumpferes Octaeder (Fig. 47), dessen Flächen in diagonaler Stellung gegen das erstere liegen. Dies wird noch durch die Veranderung an der Spitze durch vier den Kanten zugekehrte Flächen (Fig. 48) bewirkt; der neue Körper wird mehr oder weniger zusammengedrückt, je nachdem die Combinationsflächen mehr oder weniger gegen die Axe des alten Körpers geneigt ist.

46.

47.



48.



Die Veränderung an den Seitenecken, jede durch zwei Flächen (Fig. 49), führt zu spitzern Octaedern in diagonaler Stellung (Fig. 50).

Diese Formen in normaler und diagonaler Stellung bilden sich an einem bestimmten Parallelipiped, die einen durch Abstumpfung der Ecken (Fig. 51), die andern durch die Abstumpfung der Kanten (Fig. 39). Die verschiedenen Grade von Schärfe sind von der größeren oder geringeren Neigung der neuen Flächen abhängig.

49.

50.

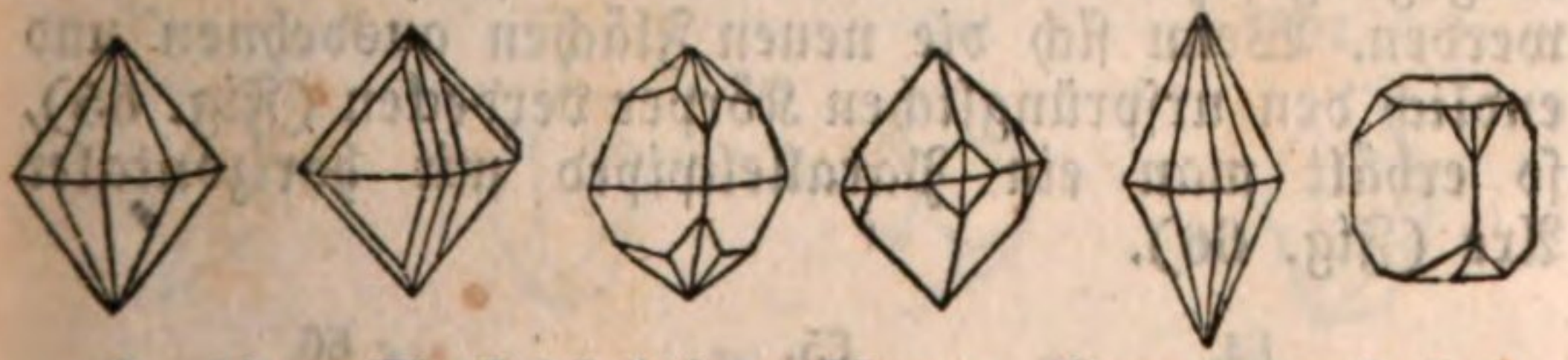
51.

§. 17. **Uebergang in die achtseitige Doppelpyramide.** — Die Veränderung an den Seitenecken (Fig. 49) kann dergestalt geneigte Flächen erzeugen, daß aus ihrer Vereinigung mit den ursprünglichen Flächen eine doppelte achtseitige Pyramide (Fig. 52) hervorgeht.

Sie bilden sich auch auf mehrere andere Arten: einerseits durch die Veränderung der Gipfelkanten, jede durch zwei Flächen (Fig. 53), anderseits durch die Veränderung an den Spitzen, je durch acht Flächen (Fig. 54), und endlich durch die Veränderung an den Seitenecken, je durch vier Flächen (Fig. 55). In den beiden ersten Fällen sind die Doppelpyramiden stumpf, im dritten spitz (Fig. 56). Die beiden Pyramiden würden durch ein achtseitiges Prisma von einander getrennt sein, wenn das Octaeder zu gleicher Zeit an den vier Seitenkanten und den vier entsprechenden Ecken abgestumpft würde, wie Fig. 34 und 36.

Diese verschiedenen Arten von Körpern werden auf den Parallelipipeden durch die Veränderung an den Ecken, je durch zwei mehr oder weniger schiefe Flächen, erzeugt (Fig. 57).

52. 53. 54. 55. 56. 57.



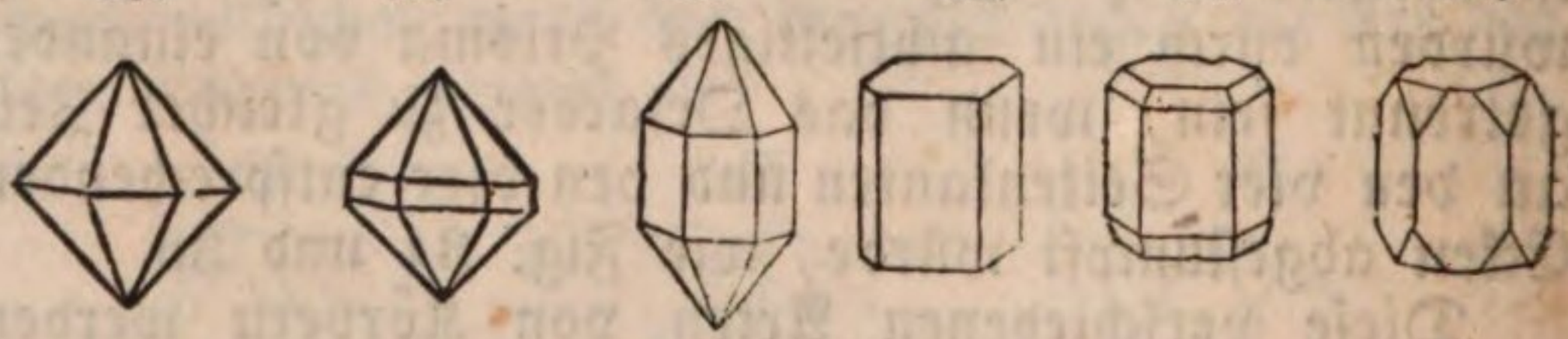
§. 18. **Sechsseitige Pyramide und sechsseitiges Prisma.** — Bei gewissen Octaedern finden die seitlichen Veränderungen nur an zwei entgegengesetzten Ecken Statt; wenn alsdann die Flächen gehörig geneigt sind, so entsteht eine doppelte sechsseitige Pyramide (Fig. 58).

Die beiden Spitzen würden durch ein sechsseitiges Prisma von einander getrennt sein (Fig. 59, 60),

wenn sich mit der Abstumpfung der vier Seitenkanten des Octaeders (Fig. 36) die Hälfte der Abstumpfungen der Ecken (Fig. 34), wechselsweise genommen, verbände.

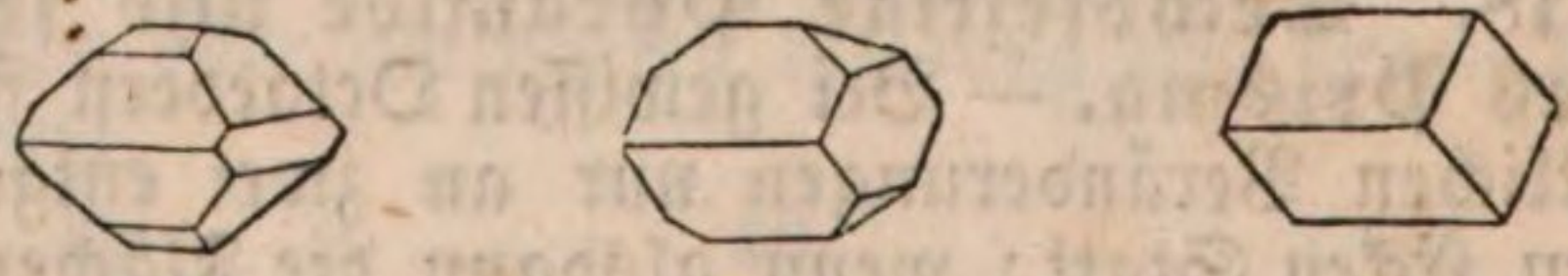
Wenn eines der Parallelipipeden nur noch an zwei entgegengesetzten Kanten eine Veränderung erlitte, so würde man das sechsseitige Prisma bekommen (Fig. 61). Auf diesem Prisma würde man durch Abstumpfung der Kanten der Grundfläche eine Pyramide erhalten (Fig. 62), was zu einem mehr oder weniger länglichen Pyramidenprisma führen würde (Fig. 59, 60). Eine andere Pyramide würde durch Abstumpfung der Ecke entstehen (Fig. 63).

58. 59. 60. 61. 62. 63.



§. 19. **Parallelipiped mit umgelegter** (horizontaler) **Axe.** — Es gibt Octaeder, die an der Spitze durch Gegenflächen (Fig. 64) und zugleich an zwei entgegengesetzten Kanten der Grundflächen verändert werden. Wenn sich die neuen Flächen ausdehnen und endlich den ursprünglichen Körper verdecken (Fig. 65), so erhält man ein Parallelipiped mit horizontaler Axe (Fig. 66).

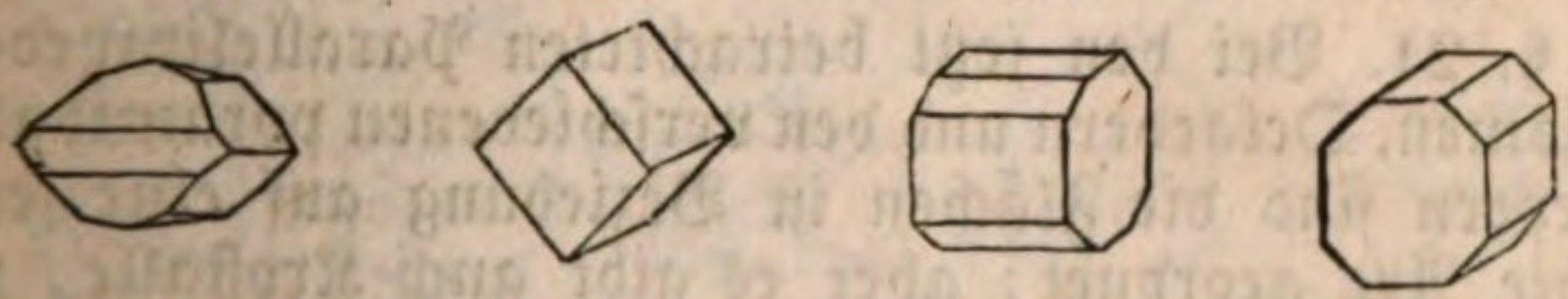
64. 65. 66.



Erleidet das Octaeder in entgegengesetzter Richtung eine Veränderung, wie in Fig. 67, so geht daraus ein anderes Parallelipiped hervor, dessen horizontale Axe nach vornen gerichtet ist (Fig. 68).

Diese Formen bilden sich auf den Parallelipipeden (Fig. 11 und 40) durch die Abstumpfung zweier entgegengesetzter Kanten an jeder Grundfläche, wie Fig. 69 und 70.

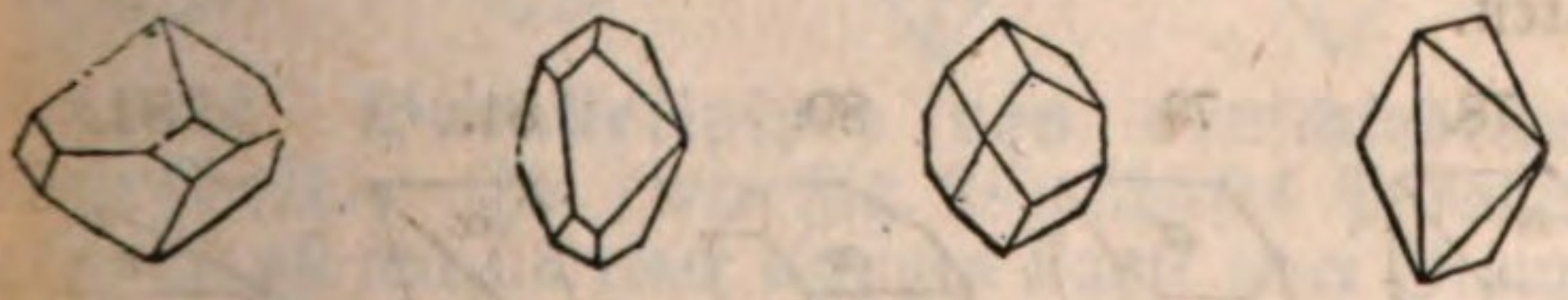
67. 68. 69. 70.



§. 20. **Octaeder mit umgelegter** (horizontaler) **Axe.** — Die Flächen, welche an die Stelle der Seitenecke eines Octaeders treten (Fig. 71), finden sich zuweilen gegen die entsprechenden Kanten ungleich geneigt; wenn sie sich nun vergrößern, so schneiden sie sich bälder auf der einen Seite als auf der andern, sei es nun vornen, wie Fig. 72, sei es seitlich (Fig. 73). Wenn sie alsdann die Hälfte des ursprünglichen Octaeders verschwinden lassen, so gehen daraus zwei neue Körper von der nämlichen Art, mit horizontalen Axen, hervor (Fig. 74 und 75).

Aus einem Parallelipiped entstehen durch Abstumpfung der Hälfte seiner Winkel, wie Fig. 76, 77, diese Arten von Octaeder leicht.

71. 72. 73. 74.



75. 76. 77.

Durch diese zweite Reihe von Beobachtungen lernt man verschiedene Arten von Octaedern, Parallelipipeden und pyramidale Körper kennen, die sich immer

noch aufeinander beziehen, wie verschieden sie auch dem Anscheine nach sein mögen. Es sind hier auch noch andere zu unterscheiden.

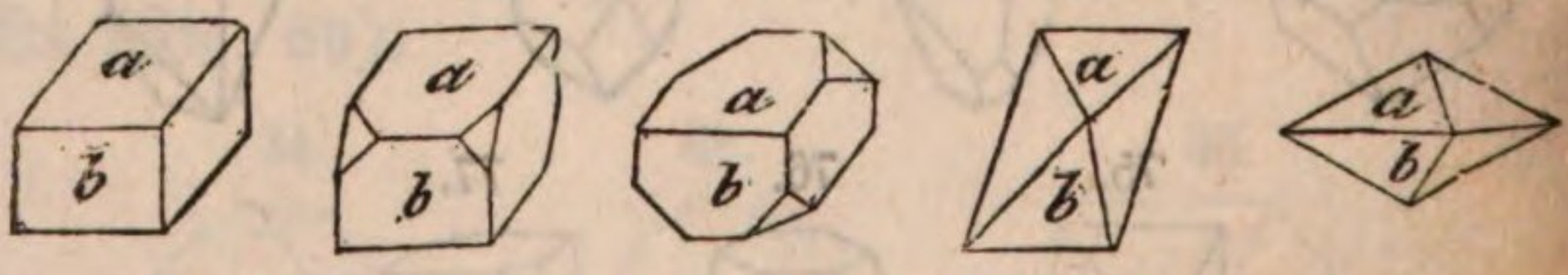
3) Veränderungen an den schiefen Körpern.

§. 21. Bei den jetzt betrachteten Parallelipipeden, Prismen, Octaedern und den verschiedenen pyramidalen Körpern sind die Flächen in Beziehung auf eine senkrechte Axe geordnet; aber es gibt auch Krystalle, wo man eine mehr oder weniger ausgesprochene Schiefe bemerkt, und wenn man, diese Schiefe abgerechnet, einerseits noch Resultate erkennt, die den bereits angegebenen analog sind, so findet man anderseits auch neue, die man nothwendig studiren muß.

§. 22. **Verschiedene Octaederarten.** — Es gibt drei Arten von Octaedern, die unter den vorhergehenden sich nicht finden; sie sind folgende:

1) An einem schiefen Parallelipiped (Fig. 78) wird oft die Hälfte der Ecken abgestumpft (Fig. 79 und 80), und dehnen sich alsdann die neuen Flächen so weit aus, bis sie die ursprünglichen Seitenflächen verdecken und die andern in Dreiecke umwandeln, so erhält man zwei neue Octaeder (Fig. 81 und 82), welche noch vier Flächen vom Parallelipiped beibehalten.

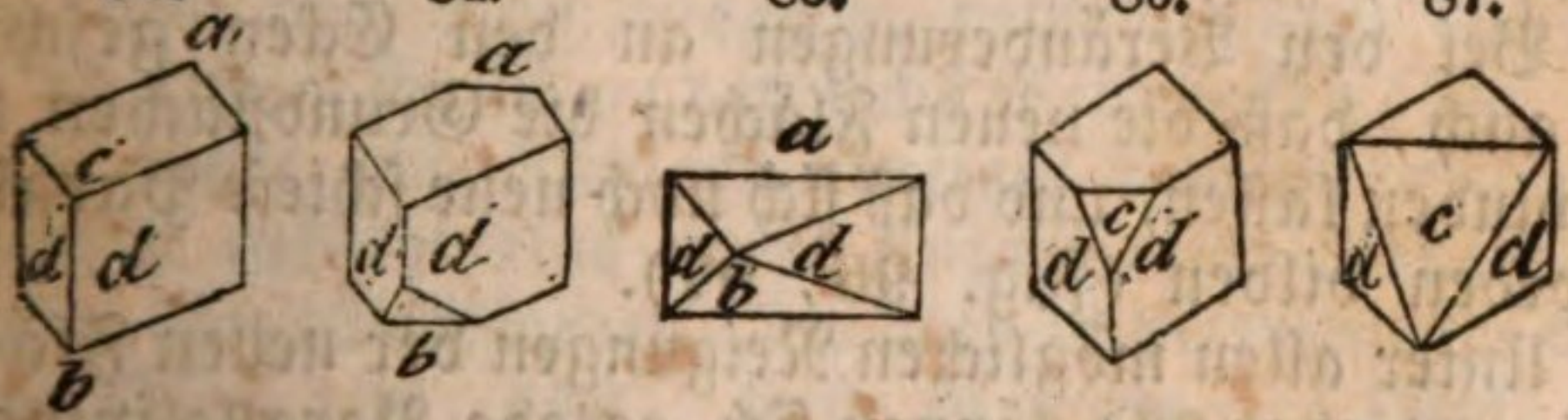
78. 79. 80. 81. 82.



2) Wenn sich das Parallelipiped in diagonaler Stellung (Fig. 83) an den entgegengesetzten Ecken a und b (Fig. 84) verändert, so entsteht durch hinreichende Ausdehnung der neuen Flächen ein neues Octaeder (Fig. 85), welches noch die Spuren der sechs Parallelipipedflächen zeigt.

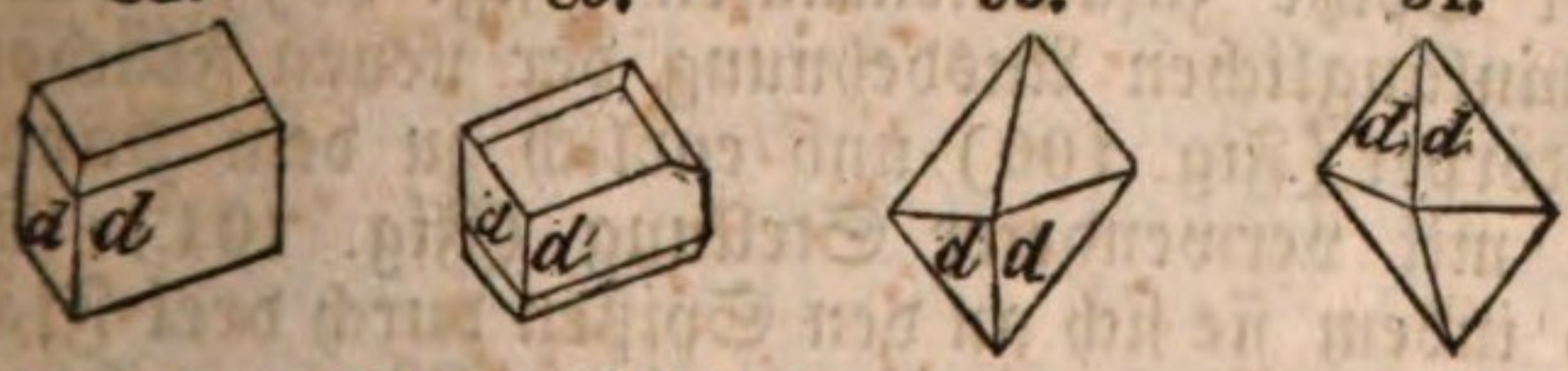
Findet die Abstumpfung an der Ecke c und dessen Gegenecke Statt (Fig. 86), so kann daraus ein abgeplattetes Octaeder der nämlichen Art hervorgehen (Fig. 87).

83. 84. 85. 86. 87.



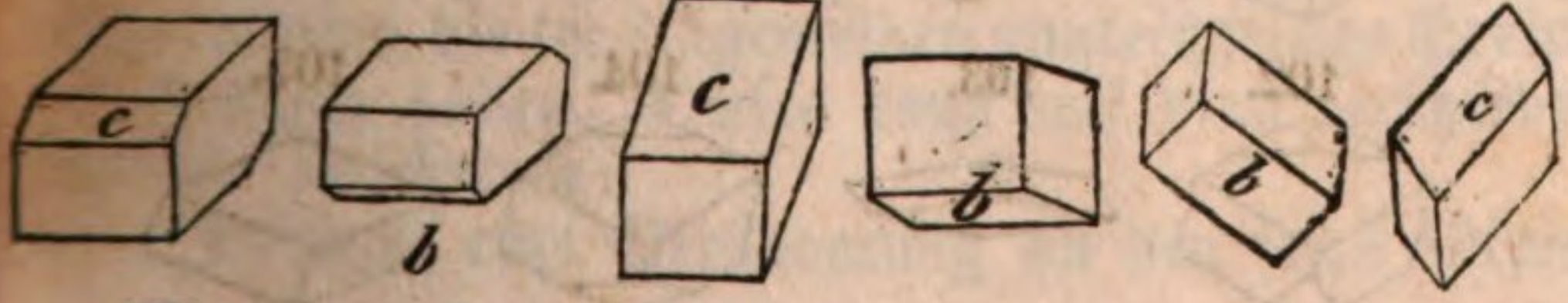
3) An dem gleichen Parallelipiped in diagonaler Stellung ist die Hälfte der Kanten der Grundflächen abgestumpft (Fig. 88 oder 89); dehnen sich nun die neuen Flächen so aus, daß sie die Grundfläche verdecken und die Seitenflächen in Dreiecke verwandeln, so ergeben sich daraus neue Octaeder (Fig. 90, 91), bei welchen sich noch vier der ursprünglichen Flächen finden. So haben wir nun sechs Arten von Octaedern, die alle von denen verschieden sind, die wir bis jetzt gesehen haben.

88. 89. 90. 91.



§. 23. Parallelipiped von verschiedener Schiefheit. — Ein (wie Fig. 78) schiefes Parallelipiped ist oft nur an einer einzigen Kante jeder Grundfläche verändert, wie Fig. 92 oder 93. Die neue Fläche kann sich nun so verlängern, daß dadurch die

92. 93. 94. 95. 96. 97.



ursprüngliche Grundfläche verdeckt wird, und es bilden sich neue Parallelipipeden (Fig. 94 oder 95), die sich mehr oder weniger schief, als das vorhergehende, das eine in der nämlichen Richtung, das andere in umgekehrter, zeigen.

Bei den Veränderungen an den Ecken geschieht es auch, daß die neuen Flächen die Grundflächen verschwinden lassen, und daß sich noch neue schiefe Parallelipipeden bilden (Fig. 96, 97).

Unter allen möglichen Neigungen der neuen Flächen (Fig. 84 oder 93) können sich gerade Parallelipipeden bilden.

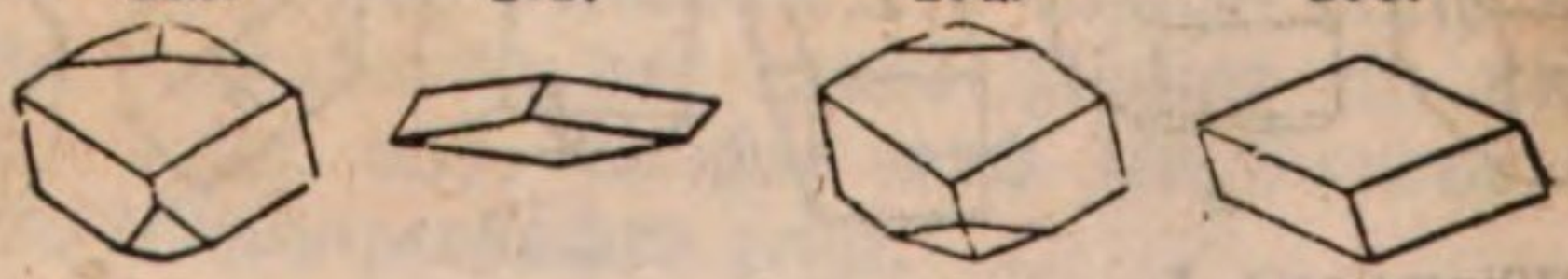
§. 24. **Eine andere Bildung von Parallelipipeden.** — Es gibt unter allen schiefen Parallelipipeden (Fig. 83) solche, deren sämmtliche gleiche Flächen regelmäßig um eine senkrechte Axe herumliegen, die durch a und b hindurchgeht, und die man alsdann senkrecht stellen kann, wie Fig. 98. Diese Arten von Parallelipipeden können auf vier verschiedene Weisen unendlich viele andere von derselben Art hervorbringen:

1) indem sie sich an den Kanten verändern, welche an der Spitze zusammenlaufen (Fig. 99), was bei einer hinlänglichen Ausdehnung der neuen Flächen zu dem Körper (Fig. 100) und endlich zu dem Parallelipiped mit verwendeter Stellung (Fig. 101) führt;

2) indem sie sich an den Spitzen durch drei Flächen verändern (Fig. 102), was einen Körper gibt, wie der vorige (Fig. 103), von dem eine unendliche Anzahl

98. 99. 100. 101.

102. 103. 104. 105.

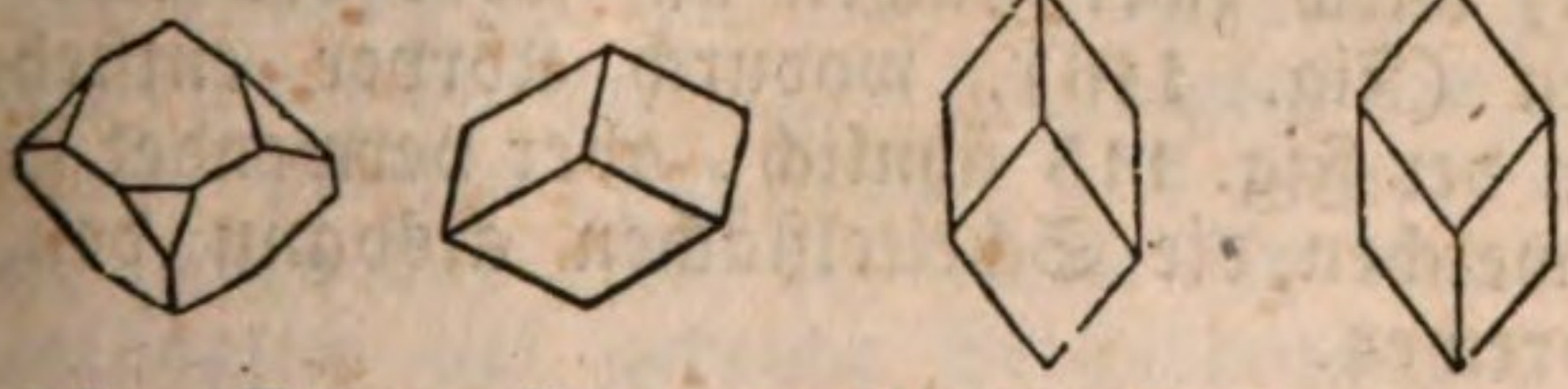


Arten, je nach der größeren oder geringeren Neigung der Combinationsflächen, vorhanden sein können;

3) indem sie sich durch drei Flächen verändern, die der des Parallelipipeds zugekehrt sind (Fig. 104), wodurch ein Körper von der gleichen Stellung, wie der, von dem man ausgeht, entsteht (Fig. 105);

4) indem sie sich an den sechs Seitenecken (Fig. 106) durch mehr oder weniger geneigte Flächen verändern; dadurch entsteht eine große Anzahl mehr oder weniger spitzer Parallelipipeden, die bald in verwendeter Stellung (Fig. 107, 108), bald in normaler (Fig. 109) sich befinden, was von der größeren Schiefheit der Combinationsflächen gegen die eine oder andere Spitze herkommt.

106. 107. 108. 109.



§. 25. **Doppelpyramidale Dodecaeder.** — Manchmal vergrößern sich die Combinationsflächen (Fig. 106) dergestalt, daß die übrigen in Dreiecke verwandelt werden; dadurch entsteht nun ein Dodecaeder (Fig. 110), welches regelmäßig ist, wenn die neuen Flächen so geneigt sind, daß sie ein Parallelipiped in verwendeter Stellung erzeugen, das ganz mit dem identisch ist, von dem man ausgeht. Jedes stumpfe oder spitze Parallelipiped kann sein verwendetes haben, und eine unendliche Anzahl von Dodecaedern geht aus deren Vereinigung hervor.

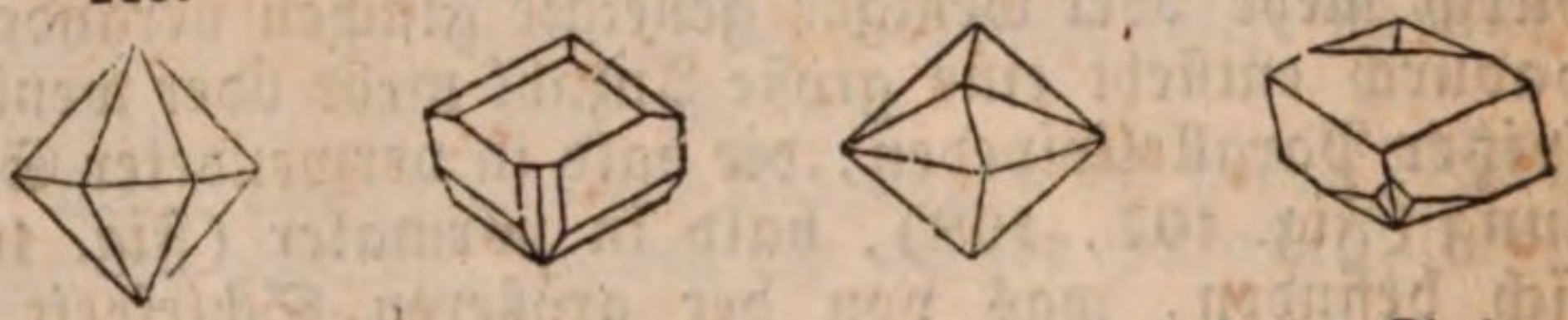
Unabhängig von diesen Dodecaedern, wo sämmtliche Flächen gleichschenklige Dreiecke sind, bilden sich viele andere, die im Allgemeinen ungleichseitige Dreiecke zu Flächen haben. Dieses kann auf vier verschiedene Weisen stattfinden:

1) durch eine Veränderung an den sechs Gipfel-

kanten, je durch zwei Flächen (Fig. 111), welche stumpfe Dodecaeder gibt (Fig. 112), die je nach den gegenseitigen Neigungen der Combinationsflächen unendlich verschiedenartig sind;

2) durch sechs Flächen auf jeder Spitze (Fig. 113), woraus ähnliche Körper hervorgehen;

110. 111. 112. 113.



3) durch zwei Flächen an jeder der sechs Seitenecken (Fig. 114), welche mehr oder weniger spitze Körper erzeugen (Fig. 115);

4) durch zwei Flächen auf jeder der sechs Seitenkanten (Fig. 116), wodurch Körper entstehen, die denen der Fig. 115 ähnlich, aber verwendet sind, und bei welchen die Scheitelflächen alsdann den Kanten entsprechen.

114. 115. 116.

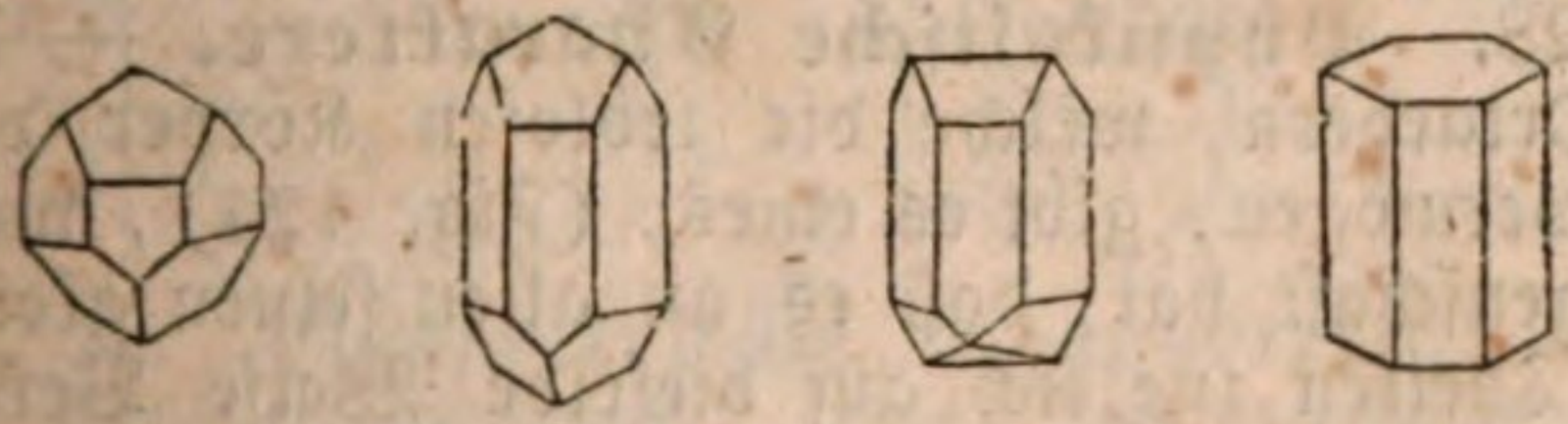
Es muß hier bemerkt werden, daß jedem durch die Veränderung gebildeten Körper (Fig. 114) immer ein identischer in verwendeter Stellung, wie Fig. 116, entspricht.

§. 26. **Bildung hexagonaler Prismen.** — Wir haben bereits Körper dieser Art durch die Veränderungen an den Seitenkanten gewisser Parallelipipeden sich bilden sehen, §. 18; allein es bieten die schiefen Krystalle, womit wir uns beschäftigen, auch noch andere dar, die sich auf zweierlei Art bilden:

1) durch eine Veränderung an den Seitenecken in

Figur 106, wenn die neuen Flächen mit der Axe parallel sind; durch Ausdehnung erhält man neue Körper (Fig. 117, 118), und nur einer tief genug gehenden Veränderung an dem Scheitel bedarf es noch (Fig. 119), um ein vollständiges Prisma zu haben (Fig. 120);

117. 118. 119. 120.



2) durch eine Veränderung an den Seitenkanten (Fig. 121), die parallel mit der Axe stattfindet, was durch Ausdehnung ein anderes pyramidales Prisma (Fig. 122) gibt; daraus ergibt sich folglich ein zweites sechsseitiges Prisma (Fig. 123), das in verwendeter Stellung gegen das erste ist, wenn sich damit auch eine hinlänglich tief gehende Veränderung an jeder Spitze verbindet.

121. 122. 123.

Eintheilung der Krystalle in sechs Gruppen.

§. 27. Es lehrt uns die Beobachtung, daß das gleichzeitige und nichtgleichzeitige Auftreten der Combinationsflächen an den gleichnamigen Theilen nicht die Wirkungen des Zufalls sind; es zeigt sich in dieser Hinsicht eine Beständigkeit in den Ergebnissen der einen und andern Art, deren Ursache man nothwendig in besondern Eigenschaften suchen muß, welche die ver-

änderten Körper besitzen. Diese Eigenschaften, die wir nun näher betrachten wollen, begründen die bereits (§. 11) erwähnten sechs Kryſtallgruppen.

Erſte Kryſtallgruppe.

Reguläres Octaeder, Würfel u. ſ. w.

§. 28. **Phyſikaliſche Charaktere.** — Unter allen Octaedern, welche die leblosen Körper darzustellen vermögen, gibt es eines, (Fig. 124), welches die Eigenſchaft hat, daß es an allen ſeinen gleichnamigen Theilen zugleich auf dieſelbe Weiſe Veränderungen erleidet; d. h.

1) daß alle ſeine Kanten zugleich verändert ſind, durch eine oder durch zwei Flächen (Fig. 125 oder 126);

2) daß an der Stelle aller Ecken zugleich bald eine Fläche (Fig. 127), bald vier, den Flächen zugekehrt (Fig. 128), oder den Kanten (Fig. 129), oder ſogar acht Flächen erſcheinen.

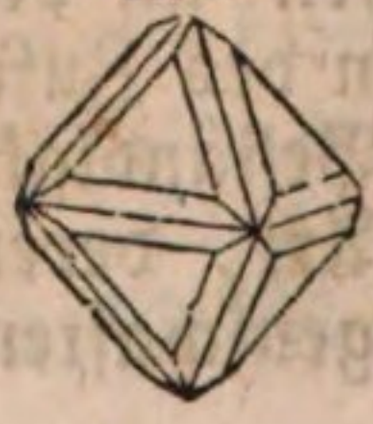
Das Parallelipiped, welches ſich an dieſes Octaeder anſchließt (Fig. 130), zeigt analoge Eigenſchaften: alle Kanten werden durch eine, (Fig. 131), oder durch zwei Flächen (Fig. 132) zugleich verändert; alle Ecken erleiden zugleich eine Veränderung, es erſcheinen eine Fläche (Fig. 133), oder drei (Fig. 134 und 135), oder endlich ſechs.

In Folge dieſer Eigenſchaften bilden ſich alle Körper, deren Entſtehung wir gezeigt haben (Fig. 6 bis 34), aber nie einer von ſolchen, die nachher vorkommen.

124.

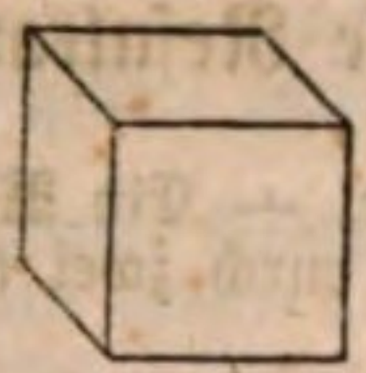
125.

126.

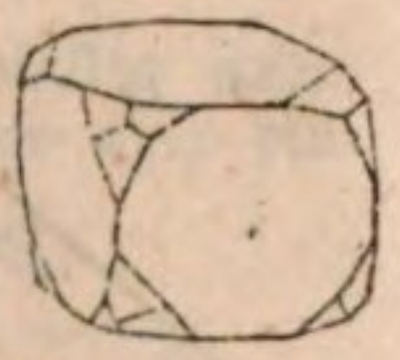


127.

128. 129. 130. 131.



132. 133. 134. 135.



§. 29. **Geometrische Charaktere.** — Das Maß der Flächenwinkel zeigt, daß dieses Octaeder aus Flächen gebildet ist, welche dieselbe Neigung gegen einander haben, und daß derselbe Fall bei den correspondirenden Parallelipipeden eintritt, dessen sämmtliche Flächen sich unter einem Winkel von 90° schneiden.

Die Messungen bei verschiedenen Combinationen haben gezeigt, daß jede Art von neuen Flächen sich unter derselben Anzahl von Graden gegen die anliegenden Flächen des ursprünglichen Körpers neigen.

Diese Beobachtungen führen auf andere Charaktere, welche den Vortheil der Kürze und Eleganz vor der ersten voraus haben. Man folgert daraus:

1) daß das Tetraeder, welchem man in dieser Gruppe begegnet, das regelmäßige Tetraeder der Geometrie ist, dessen Flächen gleichseitige Dreiecke sind, und welche alle unter sich eine Neigung von 70° 31′ 44″ haben;

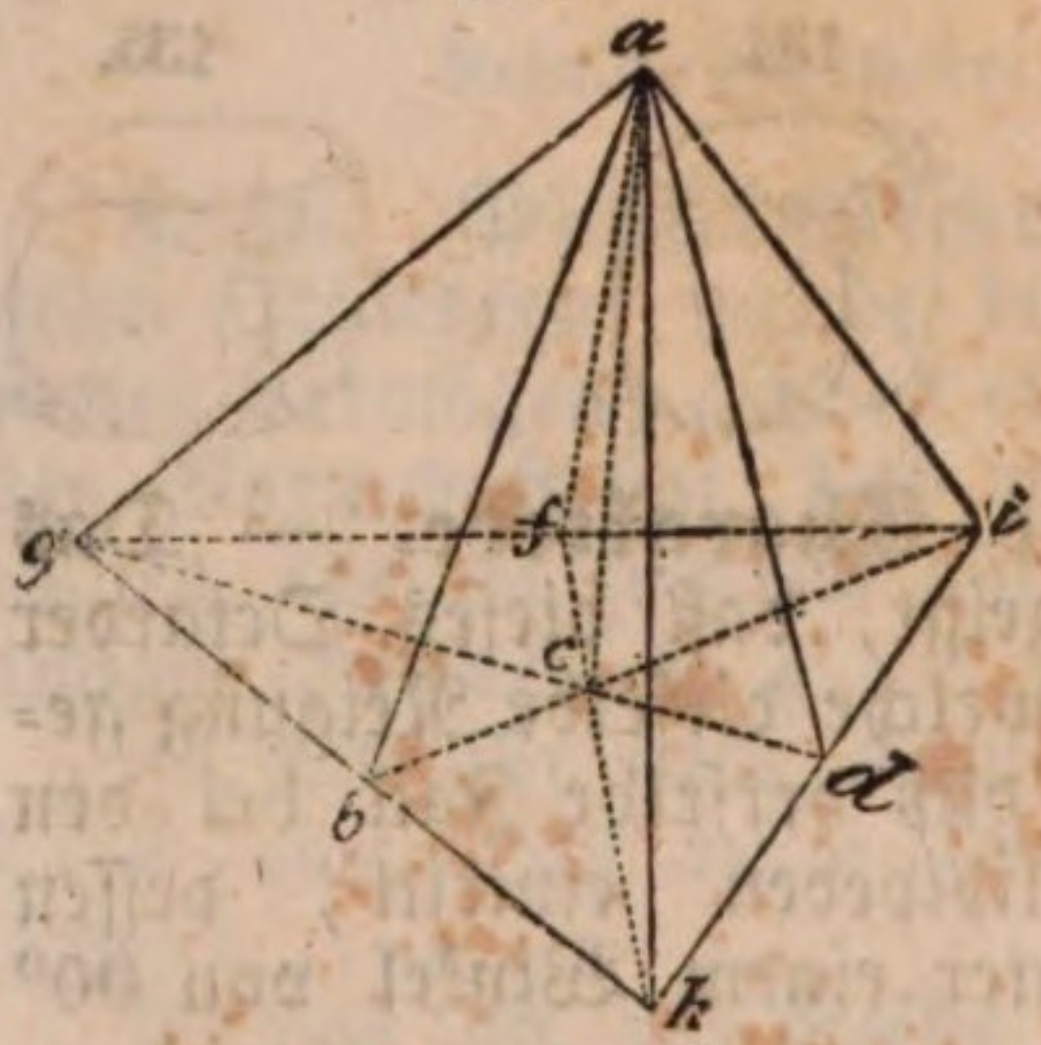
2) daß das Octaeder, das regelmäßige Octaeder ist, aus acht gleichseitigen Dreiecken gebildet, die unter einem Winkel von 109° 28′ 16″ gegen einander geneigt sind;

3) daß das Parallelipiped, welches sich hier findet, der Würfel ist, welcher aus sechs quadratischen Flächen zusammengesetzt ist.

§. 30. Wir wollen einige Erläuterungen geben, welche auf diese Resultate Bezug haben.

1) Tetraeder. — Ein Winkel, welchen zwei Flächen mit einander bilden, wird durch zwei in einem Punkte der Durchschnittslinie in beiden Ebenen errichteten Perpendikel gemessen. Es sei *ac* (Fig. 136) senkrecht auf der Grundfläche des Körpers, *ab* und *bc* senkrecht auf der Kante *gh*, so ist *abc* das Maß der Neigung der beiden Ebenen (Neigungswinkel). Das Gleiche gilt für *adc*, *afc*, welche die Neigungswinkel der andern Ebenen sind.

136.



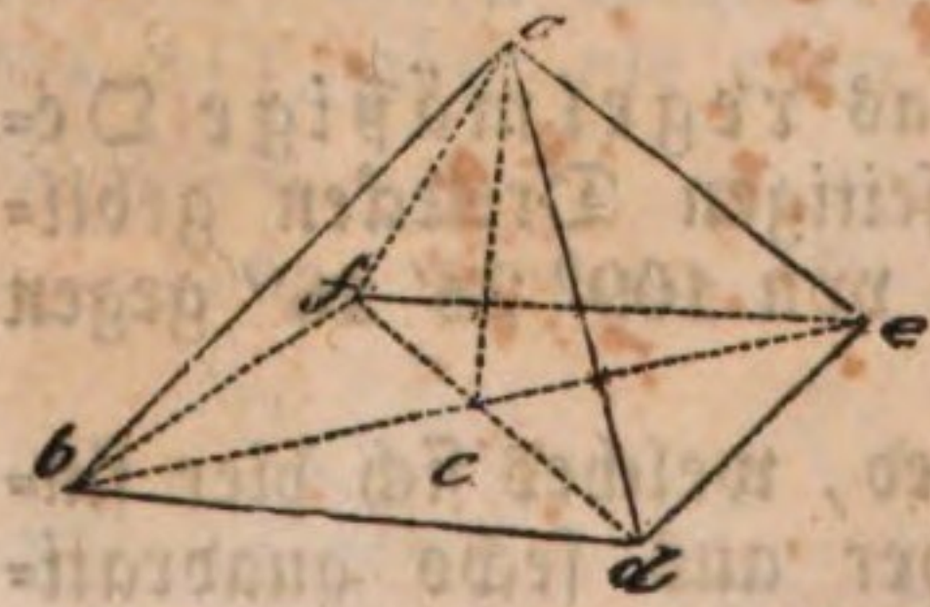
Nun zeigt die Beobachtung, daß alle Flächen der Tetraeder in dieser Gruppe gegen einander gleiche Neigung haben, daher sind sämmtliche Dreiecke *abc*, *acd*, *acf* einander gleich, und folglich die Linien *cb*, *cd*, *cf* gleich groß, so daß der Punkt *c*, die Projektion der Spitze, von allen drei Seiten gleich weit entfernt ist.

Aus dem Gegebenen und aus der gleichen Neigung aller Ebenen, die sich zur Spitze erheben, schließt man, daß die Spuren auf der Projectionsebene, welche nichts als die Seitenlinien der Grundfläche der Pyramide sind, auch unter sich gleiche Winkel bilden; diese Grundfläche ist daher ein gleichwinkliges und folglich gleichseitiges Dreieck; also sind auch die Projektionen der Kanten *cg*, *ci*, *ch* und somit auch die Kanten selbst einander gleich.

Dieselben Folgerungen würden stattfinden, welche von diesen Flächen man auch zur Grundfläche wählen würde; daraus geht hervor, daß sie alle gleichseitige und gleiche Dreiecke darstellen.

2) Octaeder. — Da alle Flächen der einen Pyramide gegen die der andern gleich geneigt sind, wenn man in Fig. 24 durch die Kanten *bd* und *de* eine Ebene durchgelegt denkt, so wird man eine Pyramide (Fig. 137) abschneiden, deren vier Flächen gegen die Grundfläche gleich geneigt sind, so daß die Projection *c* der Spitze gleichweit von den vier Seiten absteht.

137.



Nach dieser Voraussetzung haben die Flächen, welche zur Spitze aufsteigen, gegen einander gleiche Neigung, und ihre Spuren, welche die Seitenlinien der Grundfläche sind, bilden auch unter sich gleiche,

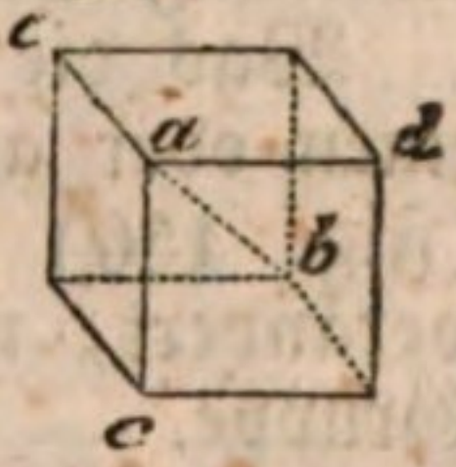
folglich rechte Winkel; und weil die Seiten vom Punkt *c* gleichweit abstehen, ist die Grundfläche ein Quadrat. Hieraus folgt, daß die Projectionen *ab*, *cd*, *ce*, *cf* den aufsteigenden Kanten, und folglich die Kanten selbst gleich sind.

Da nun alle Flächen unter sich gleiche Neigung haben, wenn man irgend eine Ecke des Octaeders als Spitze annimmt, so wird man dasselbe Resultat erhalten, und daraus schließen, daß alle Kanten gleich sind; daher ist das Charakteristische des regulären Octaeders, daß alle Flächen gleiche gleichseitige Dreiecke bilden.

3) Parallelipiped. — Weil alle Flächen rechtwinklig sind, so ist der Körper rechtwinklig und aufrechtstehend; insofern aber die Flächen, welche er auf dem Octaeder (Fig. 138) darstellt, gleiche Neigung gegen die anliegenden Flächen haben, geht daraus hervor, daß, wenn sie sich in *a* (Fig. 139) vereinigen, alle gegen die Diagonale *ab* gleich geneigt sind. Legt man daher durch die drei Punkte *c*, *d*, *e* eine Ebene, so wird man eine Art Tetraeder abschneiden, dessen sämmtliche Flächen gegen die Grundfläche gleich geneigt sind, wo die Projection der Spitze in den Mittelpunkt fällt, wo die Grundfläche ein gleichseitiges Dreieck bildet und wo die aufsteigenden Kanten gleich sind (siehe unter 1); dieses Parallelipiped ist daher ein Würfel.

138.

139.



Zweite Krystallgruppe.

Octaeder und Prismen mit quadratischer Grundfläche.

§. 31. Physikalische Charaktere. — Gewisse Octaeder (Fig. 140) haben, anstatt zugleich an allen Kanten Veränderungen zu erleiden, wie das Vorhergehende, oft nur an den Seitenkanten (Fig. 141, 142), oder an den aufsteigenden Kanten (Fig. 143 oder 144), durch eine oder zwei Flächen solche erhalten.

In Beziehung auf die Ecken theilten sich diese Veränderungen auch in zwei Arten: enweder erfolgen, solche nur an den Ecken der Spitzen (Fig. 145 bis 147) vermittelst einer oder vier Flächen, oder an den Seitenecken (Fig. 148 bis 151); aber im letzten Falle erscheinen die gegen die Kanten gekehr-

ten Combinationsflächen nur paarweise, (Fig. 150 oder 151).

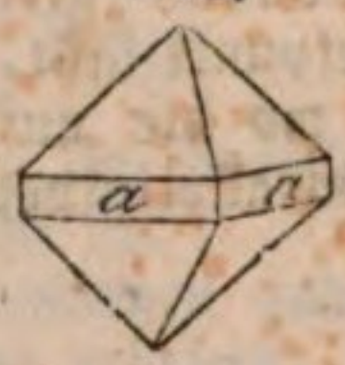
Ebenso verhalten sich die Octaeder in diagonaler Stellung.

Ein Parallelipiped dieser Gruppe (Fig. 152) verändert sich nur an den Seitenkanten (Fig. 153), was dem Parallelipiped in verwendeter Stellung Gelegenheit gibt, aufzutreten (Fig. 154). Sonst findet nur an den Kanten der Grundflächen eine Veränderung Statt (Fig. 155).

Was die Ecken anbelangt, so werden sie bei dem einen oder andern dieser Parallelipipeden durch eine (Fig. 156) oder durch zwei Flächen (Fig. 157) verändert, nie aber durch drei, wie in der ersten Gruppe.

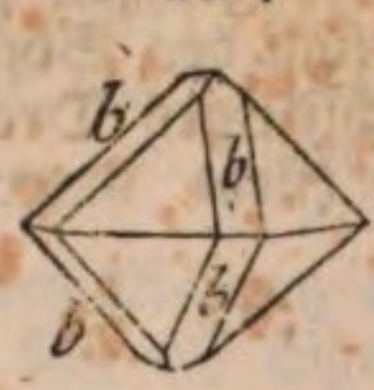
140.

141.



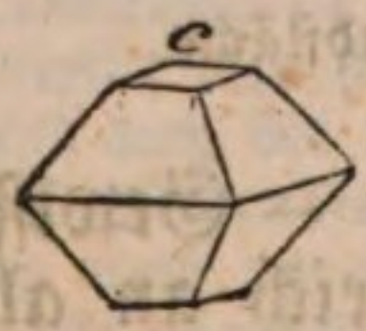
142.

143.

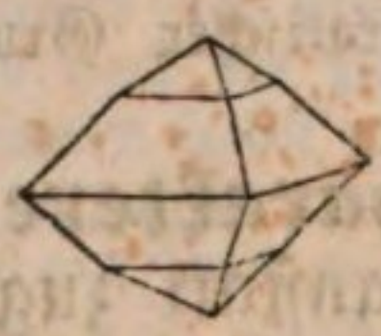


144.

145.



146.



147.

148.

149.

150.

151.

152.

153.

154.

155.

156.

157.

Aus diesen Eigenschaften ersieht man, daß in dieser Gruppe eine große Anzahl von Octaedern in normaler oder diagonaler Stellung, zwei Parallelipipeden in verkehrter Stellung, und achtseitige Prismen und Pyramiden auftreten können; mit einem Wort, alle Körper, deren Entstehung wir §. 15 bis 17 gezeigt haben.

§. 32. **Geometrische Charaktere.** — Die Messung der Kantenwinkel zeigt, daß bei keinem Octaeder dieser Gruppe die Flächen gleiche Neigung gegen einander haben, was das reguläre Octaeder charakterisirte. Es sind immer zwei entgegengesetzte Spitzen a und g (Fig. 140) vorhanden, um jede derselben liegen vier aufsteigende Flächen, welche gleich gegen einander geneigt sind; aber die Flächenwinkel von einer Spitze zur andern sind verschieden, obgleich auch alle unter sich gleich sind.

Anderseits zeigen nicht alle Combinationsflächen an den gleichnamigen Theilen dieselbe Neigung gegen die anliegenden Flächen des veränderten Körpers. Die Flächen a (Fig. 141) neigen sich gleich und unter einem bestimmten Winkel gegen die anliegenden Flächen; dagegen neigen sich die Flächen b (Fig. 143) zwar noch gleich aber unter einem andern Winkel. Dasselbe findet bei den Flächen c (Fig. 145), verglichen mit den Flächen d (Fig. 148), Statt: bei jeder Species ist die Neigung der Combinationsfläche gleich gegen die vier anliegenden Flächen, aber in jeder Species ist der Winkel verschieden.

Derselbe Fall tritt beim Parallelipiped ein: die Combinationsflächen f (Fig. 153) neigen sich gleich gegen ihre nebenliegenden Flächen, und ganz auf dieselbe Art; die Flächen i (Fig. 155) neigen sich gegen die Grundflächen und Seitenflächen ungleich, aber alle auf dieselbe Weise. Auf den Ecken neigen sich die Flächen k (Fig. 156) gleich und auf dieselbe Art gegen die Seitenflächen, aber sie machen einen andern Winkel mit der Grundfläche.

Hieraus folgt, daß die Octaeder dieser Gruppe eine quadratische Basis haben; daß die aufsteigenden Kanten alle gleich sind und eine bestimmte Länge haben, während die der gemeinschaftlichen quadratischen Grundfläche eine von jener verschiedenen Länge besitzen.

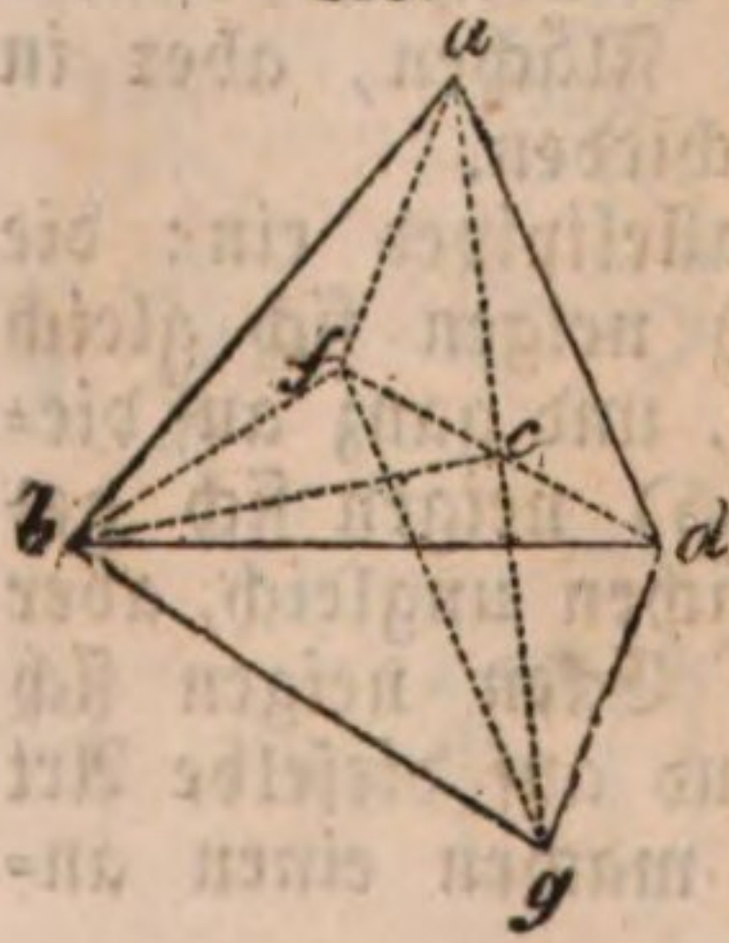
Die Parallelipipeden, welchen man in dieser Gruppe begegnet, sind sehr verschieden von dem der vorhergehenden Gruppe. Die Flächen sind noch rechtwinklig, aber die Grundflächen sind Quadrate, während die Seitenflächen Rechtecke sind; d. h. diese Körper sind Prismen mit quadratischer Grundfläche.

§. 33. Diese Resultate sind noch leicht darzuthun und sind gewissermaßen nur Folgerungen aus den vorhergehenden Betrachtungen (§. 30), verbunden mit Eigenthümlichkeiten, welche die gegenwärtige Gruppe auszeichnen.

Wenn man im Octaeder (Fig. 140) *ag* als Axe annimmt, so schließt man aus der gleichen Neigung der Flächen einer Pyramide gegen die andere, daß die Projection der Spitze in den Mittelpunkt der gemeinschaftlichen Grundfläche fallen wird (§. 30, 2); hieraus und aus der gleichen Neigung der aufsteigenden Flächen gegen einander folgert man, daß die Grundfläche ein Quadrat ist, und daß daher die Kanten, welche in den Spitzen *a* und *g* zusammenlaufen, gleich sind.

Die Sache verhält sich anders bei einer andern Spitze, z. B. *b*, Fig 140. Die Pyramide, welche man sich, wie in Fig. 158, in zwei geschnitten denken kann, hat allerdings nach der Beobachtung vier Flächen, die zwar gegen die Grundfläche, aber nicht unter sich gleiche Neigung haben, daher die Winkel, welche die Kanten der Grundfläche mit einander bilden, ungleich sind. Der Winkel bei *d* und sein gegenüber liegender bei *f* sind unter sich gleich, ebenso die bei *a* und *g*, woraus folgt, daß die Grundfläche ein Rhombus ist, denn die Kanten sind nach der ersten Beobachtung gleich; aber die Projectionen *ca*, *cd* der aufsteigenden Kanten sind ungleich, daher sind es auch diese Kanten selbst.

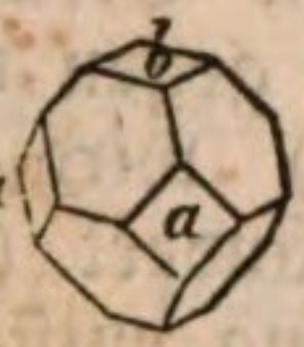
158.



Was die Prismen anbelangt, so geht

ihre Natur aus der Entstehung aus dem Octaeder mit quadratischer Basis hervor. Das eine von ihnen bildet sich durch die Vereinigung der Combination (Fig. 145 und 148), woraus der Polyeder (Fig. 150) entsteht. Die Flächen *a* sind nämlich alle gleich und unter einem bestimmten Winkel gegen die anliegenden Flächen, die Flächen *b* aber unter einem andern Winkel geneigt, so daß, wenn sie sich vereinigen, um die Ecke *c* des Parallelipipeds zu bilden (Fig. 160), die beiden Seitenflächen gegen die Axe *cd* eine bestimmte Neigung haben, während die Grundfläche anders geneigt ist.

159.



160.

Hieraus geht hervor, daß in dem Tetraeder, den man abschneiden könnte, indem man durch *e*, *f* und *g* eine Ebene legt, die Projection der Spitze in gleiche Entfernung von den Seiten *ef*, *gf*, aber in verschiedene von *eg* zu liegen käme. Die Grundfläche würde daher ein gleichschenkliges Dreieck bilden, und die Projectionen der Kanten *cg*, *ce* würden gleich, die Projection der *cf* aber hievon verschieden sein. Dies zeigt die Gleichheit der beiden ersten Kanten und die Verschiedenheit der dritten an. Folglich ist die Grundfläche ein Quadrat und sind die Seitenflächen Rechtecke.

Dasselbe Resultat würde man für das Prisma in diagonaler Stellung finden, das aus dem Octaeder in diagonaler Stellung auf dieselbe Weise wie das vorhergehende entsteht.

Dritte Krystallgruppe.

Rechtwinklige und rhombische Octaeder und Prismen.

§. 34. Physikalische Charaktere. — Es gibt Octaeder, (Fig. 161), die sogar nicht nothwendiger Weise an allen Seitenkanten zugleich eine Veränderung erleiden. Oefters sind daran nur zwei, bald durch eine (Fig. 162 oder 163), bald durch zwe Flächen verändert.

Auch erscheinen oft an der Spitze nur zwei Flächen (Fig. 164 oder 165), anstatt der vier, wie in Fig. 146.

Die Octaeder in diagonaler Stellung, (Fig. 166), verhalten sich anders: die vier Seitenkanten werden immer zugleich verändert, (Fig. 167); aber oft ist nur die Hälfte der auffsteigenden Kanten verändert. z. B. Fig. 168; dasselbe gilt von den Seitenecken, wie in Fig. 169.

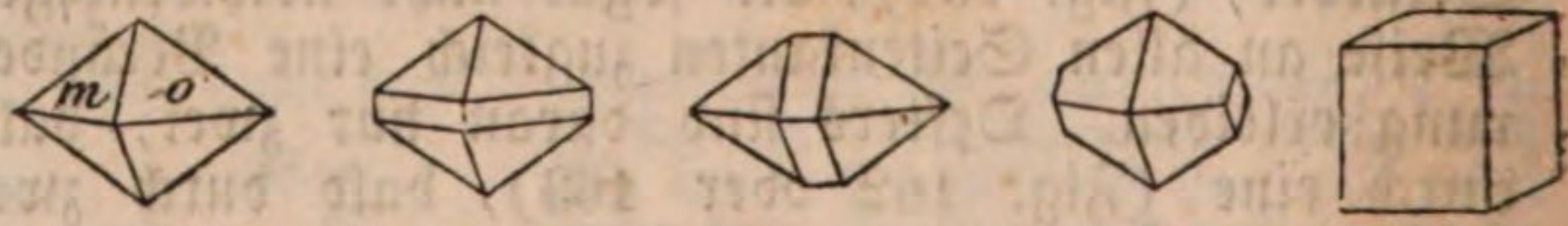
Auch die Parallelipipeden haben besondere Eigenschaften: das eine (Fig. 170) kann zugleich an allen Seitenkanten Veränderungen erleiden (Fig. 171); das andere gegen das erste in diagonaler Stellung (Fig. 172) wird öfters nur an der Hälfte der Kanten verändert (Fig. 173), wodurch ein sechsseitiges Prisma entsteht.

Das erste wird oft nur an der Hälfte der Kanten der Grundflächen verändert (Fig. 174 oder 175), indem es umgelegte Parallelepipeden darstellt: das zweite erleidet an allen Kanten Veränderungen (Fig. 176); dagegen ist aber oft nur die Hälfte der Ecken verändert (Fig. 177 oder 178), während bei dem andern alle Ecken auf einmal verändert werden.

Vermöge dieser Eigenschaften ergeben sich eigenthümliche Octaeder, sechsseitige Prismen, und Pyramiden u. s. w., wie wir §. 18 bis 20 gezeigt haben,

161. 162. 163. 164. 165.

166. 167. 168. 169. 170.



171. 172. 173. 174. 175.

176. 177 178.

was nicht verhindert, daß viele Formen mehr oder minder Aehnlichkeit haben mit denen der vorhergehenden Gruppe.

§. 35. **Geometrische Charaktere.** — Die Octaeder dieser Gruppe sind so beschaffen, daß die Flächen m und n (Fig. 161), unter einem gewissen, und die Flächen o und p unter einem andern Winkel geneigt sind; aber gegen dieselbe Spitze sind die Flächen unter sich gleich geneigt. Von den Combinationsflächen a und b (Fig. 162 und 163) neigt sich jede gleich gegen die zwei anliegenden Flächen; aber die eine unter einem gewissen, die andere unter einem verschiedenen Winkel.

Das eine der Parallelipipeden (Fig. 170) ist rechtwinklig; aber das andere (Fig. 172) schließt zwischen seinen Seitenflächen zweierlei Winkel ein. Das erste ist dadurch charakterisirt, daß die Combinationsflächen der Seitenkanten ungleiche Neigung gegen die anliegenden Flächen haben; bei dem andern sind dagegen diese Neigungen gleich, aber zwei gegenüberliegende Seiten bilden einen gewissen Winkel, der verschieden ist von dem der beiden andern u. s. w.

Bei den Octaedern in diagonaler Stellung (Fig. 166) sind alle Flächen um eine Spitze gleich geneigt gegen die der andern; aber die aufsteigenden Flächen bilden wechselsweise zwei Arten von Neigungen: die eine von m gegen o, die andere von m oder o gegen die Gegenseite.

Aus dem Angeführten folgt, daß die Octaeder in normaler Stellung zur Basis ein Rechteck, die Octaeder in diagonaler Stellung zur Basis einen Rhombus haben, und daß von zwei Prismen in verkehrter Stellung gegen einander das eine ein Rechteck, das andere einen Rhombus zur Basis haben.

Die beiden Parallelipipeden haben auch einen Rhombus zur Basis, wenn die Axe umgedreht ist.

§. 36. Es genügen uns nun einige Betrachtungen, um diese Resultate darzuthun:

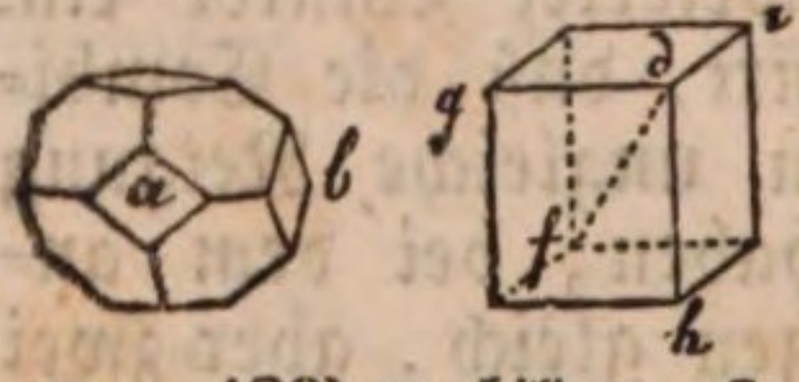
1) Im rechtwinkligen Octaeder (Fig. 161) ergibt sich aus den beiderlei Neigungen der aufsteigenden Flächen gegen die gemeinschaftliche Grundfläche, daß die Projection der Spitze von zweien der Seitenkanten gleichweit, von den beiden andern aber nicht gleichweit absteht; daher hat die Grundfläche ungleiche Seiten (s. §. 30, 2).

Anderseits sind die aufsteigenden Flächen unter sich gleich geneigt, die vier Winkel der Grundfläche sind gleich, folglich rechte: daher ist die Grundfläche ein Rechteck; weil aber die halben Diagonalen einander gleich sind, sind es auch die aufsteigenden Kanten, deren Projectionen sie sind.

2) Die Charaktere des Octaeders (Fig. 166) sind genau die der Pyramide, welche wir §. 33 betrachtet haben; und durch dieselben Schlüsse bemerkt man hier, daß die Grundfläche ein Rhombus ist, und daß sich an jeder Spitze zwei Arten von Kanten finden, welche nicht dieselben sind, wie die an der gemeinschaftlichen Grundfläche.

3) Das erste der Prismen, welches wir erhalten haben, ergibt sich durch Veränderung der Spitze und zugleich der Seitenkanten des Octaeders mit rhombischer Grundfläche (Fig. 179). Jede der Flächen *a*, *b*, *c* haben nämlich eine verschiedene Neigung gegen die anliegende Fläche des Octaeders, so daß, wenn sie sich vereinigen, um die Ecke *d* (Fig. 180) zu bilden, sie gegen die Axe *df* ungleich geneigt sind. Daraus geht hervor, daß in dem Tetraeder, den man abschneiden könnte, indem man durch *e*, *g* und *h* eine Ebene durchlegen würde, die Projection der Spitze in ungleiche Entfernung von allen drei Seiten fallen würde, die Projectionen der drei aufsteigenden Kanten wären alle drei ungleich, und folglich die Kanten selbst: daher hat der rechtwinklige Körper seine drei ungleichen Dimensionen.

179. 180.



4) Das zweite Parallelipiped endlich entsteht durch Veränderung der sechs Ecken des rechtwinkligen Octaeders (Fig. 181). Die Flächen *b* nämlich bilden beide denselben Winkel mit *c*, und die Fläche *e* einen verschiedenen, so daß, wenn sie sich vereinigen, um den Winkel *i* des Parallelipipeds zu bilden (Fig. 182), die Seitenflächen dieselben Winkel mit der Diagonale *ik* bilden, während die Grundfläche einen andern macht. Hieraus schließt man, wie in §. 33, daß die zwei Kanten der Grundflächen einander gleich und die Seitenkanten verschieden sind; weil aber hier die Seitenflächen nicht rechtwinklig auf einander stehen, ist die Grundfläche ein Rhombus anstatt eines Quadrats.

181. 182.

Vierte Kryſtallgruppe.

Verſchiedene ſchiefe Octaeder und Prismen.

§. 37. **Phyſikaliſche Charaktere.** — Wir wollen die große Anzahl von Octaedern und Parallelipipeden dieſer Gruppe nicht ausführlich betrachten, ſondern nur diejenigen, welche ſcheinbar die meiſte Aehnlichkeit mit den vorhergehenden haben, um die Verſchiedenheit darzuthun.

Das Octaeder (Fig. 183) unterſcheidet ſich weſentlich von den vorhergehenden dadurch, daß es häufig nur an der Hälfte ſeiner aufſteigenden Kanten (Fig. 184 oder 185) Veränderungen erleidet.

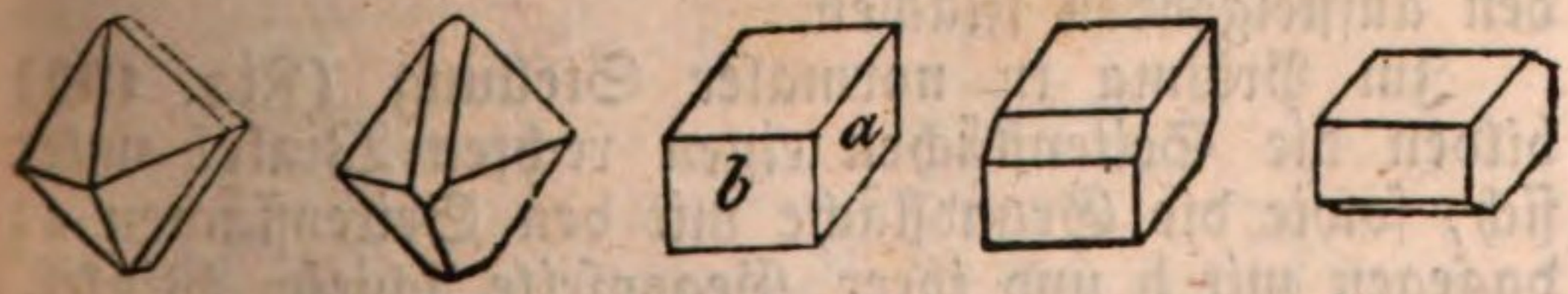
An der Spitze erſcheinen anſtatt der vier den Kanten zugekehrten Flächen, nur deren zwei (Fig. 186).

Das Octaeder in diagonaler Stellung (Fig. 187) wird zwar an den vier Seitenkanten, wie in der vorhergehenden Gruppe in Fig. 167, oder auch an den zwei Kanten zur Seite jeder Spitze (Fig. 188), aber nur an den Hälften der andern verändert (Fig. 189).

Das Parallelipiped (Fig. 190) wird, wie in der vorhergehenden Gruppe, an den vier Seitenkanten der Grundflächen, wie Fig. 175, aber oft nur an der Hälfte der andern verändert (Fig. 191 oder 192), ſo wie es nur an der Hälfte der Ecken Veränderung erfährt (Fig. 193 oder 194).

183. 184. 185. 186. 187.

188. 189. 190. 191. 192.



Das Parallelipiped in diagonaler Stellung (Fig. 195) verändert sich nur an der Hälfte der Kanten der Grundflächen (Fig. 196 oder 197): häufig findet man nur zwei entgegengesetzte Ecken (Fig. 198 oder 199) oder wohl auch die vier andern zugleich verändert (Fig. 200).

193. 194. 195. 196. 197.

198. 199. 200.

Aus diesen Eigenschaften ergeben sich viele eigenthümliche Octaeder und Parallelipipede, deren Entstehung wir §. 22 u. 23 gezeigt haben, unabhängig von allen analogen, schiefen und aufrechten Körpern der vorhergehenden Gruppe.

§. 38. **Geometrische Charaktere.** — Bei den Octaedern in normaler Stellung (Fig. 183) finden sich zwei Arten von Winkeln der obere gegen die untere Pyramide, und zwei Arten von Winkeln zwischen den aufsteigenden Flächen, der eine, welchen m und o mit einander, der andere, welche o mit der Rückseite bilden.

Bei dem Octaeder in diagonaler Stellung (Fig. 187) finden sich zwei Arten von Winkeln an der Grundfläche und drei Arten von Winkeln zwischen den aufsteigenden Flächen.

Im Prisma in normaler Stellung (Fig. 190) bilden die Seitenflächen einen rechten Winkel unter sich, sowie die Grundfläche mit den Seitenflächen a; dagegen mit b und ihrer Gegenseite schiefe Winkel.

Bei dem Prisma in diagonaler Stellung (Fig. 195) gibt es keinen rechten Winkel, indem auch die Grundfläche mit den Seitenflächen schiefe Winkel macht.

Auch die Combinationsflächen sind gegen die anstoßenden Flächen ungleich geneigt, obgleich alle von gleichem Werth dieselbe Neigung haben.

Aus diesem Allem ergeben sich die verschiedenen schiefen Octaeder und Prismen, deren Grundflächen Rechtecke oder Rhomben sind.

Fünfte Krystallgruppe.

Schiefe schiefwinklige Parallelipipede.

§. 39. Bis jetzt kennt man in dieser Gruppe Parallelipipede (Fig. 201), die verschiedene Veränderungen erleiden und sich von den vorhergehenden dadurch unterscheiden:

1) Daß sie an zwei entgegengesetzten Seitenkanten verändert werden (Fig. 202) und die Combinationsflächen gegen die anliegenden Flächen ungleiche Neiguug haben, wie dies bei rhombischen Prismen der Fall ist (Fig. 173), sie mögen aufrecht oder schief sein.

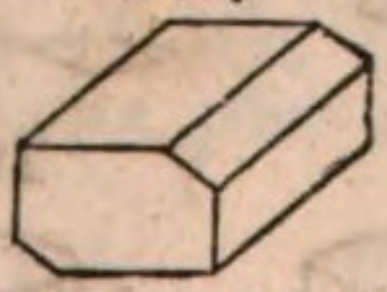
2) Daß es sich oft ereignet, daß sie nur an einer Kante jeder Grundfläche verändert werden, welcher Art diese sein mag, z. B. Fig. 203, 204; während selbst in der vorhergehenden Gruppe immer alle vier Seitenkanten der Grundflächen zugleich verändert wurden (Fig. 175).

3) Daß oft nur zwei Ecken, welche es auch sein mögen (z. B. Fig. 205, 206), verändert werden,

201.

202.

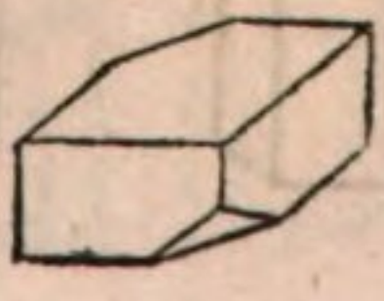
203.



204.

205.

206.



während man in der vorhergehenden Gruppe häufig vier Winkel zugleich verändert fand (Fig. 193, 194, 200).

Diese Eigenthümlichkeiten führen zu dem Schluß, daß diese Parallelipipeden nicht allein schief sind, sondern daß auch ihre Grundfläche ein schiefwinkliges Parallelogramm ist, d. h., daß sie weder rechtwinklig noch rhombisch sind.

Sechste Kryſtallgruppe.

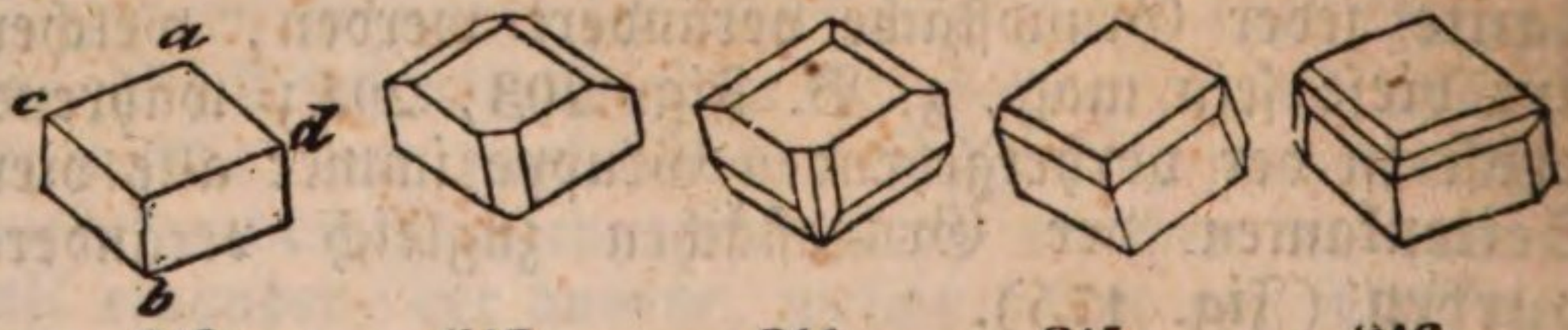
Rhomboeder, regelmäßige sechsseitige Prismen u. s. w.

§. 40. **Physikalische Charaktere.** — Hier sind die Octaeder so selten, daß wir uns nicht damit beschäftigen. Die vorherrschenden Formen sind Parallelipipede und sechsseitige Prismen.

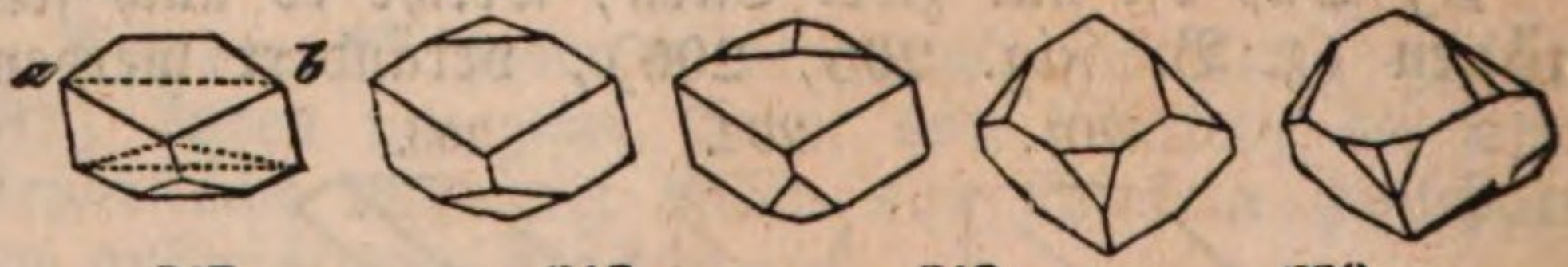
Die Parallelipipeden (Fig. 207) unterscheiden sich sehr von den rhombischen schiefen Prismen, denen sie gleichen, durch die Zahl und Lage der Combinationsflächen, die an ihren verschiedenen Theilen zum Vorschein kommen.

Es erscheinen zugleich an allen sechs Kanten, von denen je drei an jedem der gegenüberliegenden Ecken

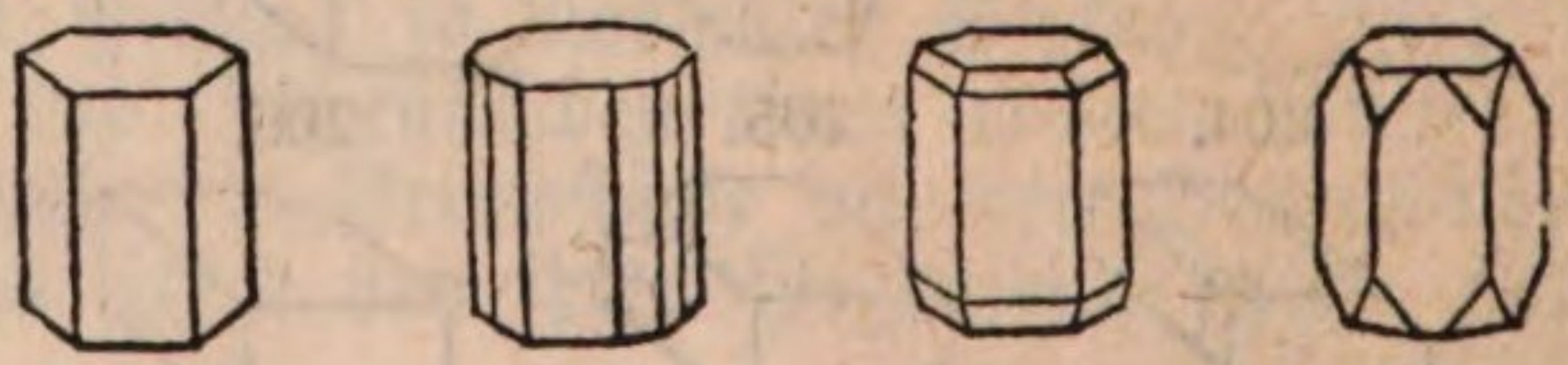
207. 208. 209. 210. 211.



212. 213. 214. 215. 216.



217. 218. 219. 220.



a und b zusammenstoßen, bald eine bald zwei Flächen (Fig. 208, 209).

Dieselbe Veränderung durch eine oder zwei Flächen widerfährt auch zugleich den sechs übrigen Kanten (Fig. 210, 211). Hiedurch zeigt sich eine große Verschiedenheit von den vorhergehenden schiefen Prismen, die nur an vier Kanten verändert werden, was wir so eben angeführt haben (Fig. 197, 196).

Auch erscheint bei diesen Parallelipipeden, wie bei den schiefen Prismen (Fig. 198), je eine Fläche an den entgegengesetzten Spitzen (Fig. 212), so daß eine Art Octaeder entsteht; aber weit öfter erscheinen drei Flächen, gegen die des Körpers (Fig. 213) oder gegen die Kanten gedreht (Fig. 214). Eine noch größere Verschiedenheit ist die, daß die sechs andern Ecken alle zugleich (Fig. 215), ja sogar durch zwei Ebenen (Fig. 216) verändert werden; während bei dem gewöhnlichen schiefen Prisma oft nur vier dieser Ecken zugleich eine Veränderung erleiden (Fig. 200), während die zwei übrigen abgesondert verändert werden (Fig. 199).

Das sechsseitige Prisma dieser Gruppe (Fig. 217) wird auf einmal zugleich an allen Seitenkanten (Fig. 218) oder auch an allen Kanten der Grundflächen (Fig. 219) oder endlich an allen Ecken (Fig. 220) verändert. *

* Das sechsseitige Prisma der dritten Gruppe (Fig. 221) wurde auf folgende Art verändert:

1. an zwei oder vier Seitenkanten (Fig. 222, 223);
2. an zwei oder vier Kanten jeder Grundfläche (Fig 224, 225);
3. an zwei oder vier Ecken jeder Grundfläche (Fig. 226, 227).

In der dritten Gruppe treten seitlich dieselben Veränderungen auf; aber die Veränderungen der Grundflächen gehen nur paarweise vor sich.

221. 222. 223. 224. 225. 226. 227.

Nach diesen Eigenschaften entstehen aus dem Körper eine große Anzahl mehr oder minder scharfer Parallelipipeden, in normaler und verwendeter Stellung, eben so wie die Prismen und Dodecaeder, deren Entstehung wir §. 24 bis 26 nachgewiesen haben.

§. 41. **Geometrische Charaktere.** — Das Messen der Winkel zeigt, daß in den Parallelipipeden dieser Art die drei Flächen, welche an den Scheiteln a oder b zusammenstoßen, unter sich gleiche Neigung haben; ferner, daß die an den Scheiteln gebildeten Flächen a oder b (Fig. 212) gegen die drei anstoßenden Flächen gleich geneigt sind. Aus diesen Thatsachen schließt man, daß alle Kanten des Körpers gleich sind, und da man überdies keinen rechten Winkel findet, so geht daraus hervor, daß alle Flächen gleiche Rhomben sind, die symmetrisch um eine Axe a b liegen. Dieser Körper erhält wegen der Form seiner Flächen den Namen Rhomboeder. *

Bei dem sechsseitigen Prisma haben alle sechs Seitenflächen unter sich eine Neigung von 120°: dies ist der Charakter des regelmäßigen sechsseitigen Prisma.

§. 42. **Krystallsysteme. Reduction der Krystalle auf sechs Formen.** — Nun wird man leicht einsehen, daß die sechs Gruppen, in welche sich alle Formen theilen, durch sämmtliche physikalische und geometrische Eigenschaften der Körper, welche dieselben besitzen, sich wesentlich von einander unterscheiden. Wir haben in der That zwar nur die Octaeder, Parallelipipeden und die Prismen mit sechsseitigen Grundflächen mit einander verglichen; allein die Vergleichung würde man auch zwischen allen andern

* Wenn man eine Ebene betrachtet, die durch die drei, wie c d (Fig. 207), liegenden Diagonalen geht, so wird man ein Tetraeder haben, das man wie §. 30 berechnet, und für welches man finden wird, daß die Grundfläche ein gleichseitiges Dreieck ist und die aufsteigenden Kanten gleich sind.

Körpern machen können, und man würde zu ähnlichen Resultaten gelangen.

Es bilden demnach in jeder Gruppe sämmtliche Formen ein System, in welchem Alles in einem genauen Zusammenhang steht, und welches man in keiner Beziehung mit dem benachbarten System verwechseln kann; dies ist der Grund, warum jede Gruppe auch mit dem Namen Krystallsystem bezeichnet wird. Wählt man zur Vergleichung z. B. das Parallelipiped, so wird man haben:

1) Das kubische (reguläre) System, wohin der Alaun, das Kochsalz, der Diamant, der Granat u. s. w. gehören.

2) Das quadratische prismatische System, auf das sich z. B. das Zinnerz, das Calomel u. s. w. beziehen.

3) Das prismatische rectanguläre oder rhombische gerade System, wohin der Topas, der Schwefel, der Schwerspath, das schwefelsaure Blei u. s. w. gehören.

4) Das prismatische rectanguläre oder rhombische schiefe System, wohin der Gyps, Eisenvitriol, die Oxalsäure u. s. w. gehören.

5) Das schiefe prismatische System mit einer Grundfläche von der Form eines schiefwinkligen Parallelogramms, auf welches sich unter andern der Kupfervitriol, das vierfach oxalsaure Kali, die Para-Weinsteinsäure u. s. w. sich beziehen.

6) Das rhomboedrische System, das man bei dem Kalkstein, dem Bergkrystall, dem Smaragd, dem salpetersauren Natron u. s. w. beobachtet.

Wenn wir nun bei jeder Gruppe bemerken, daß sich die verschiedenen Formen leicht von einander ableiten lassen, so schließen wir daraus, daß irgend welche einfache Form jeder Gruppe als Grundform von allen andern betrachtet werden kann; daher beziehen sich alle Krystallformen auf sechs Arten von

Körpern derselben Gattung, welche durch ihre verschiedenen Eigenschaften von einander differiren: es finden sich nämlich sechs Octaederarten, von denen jede ihre besondere Charaktere hat, oder sechs Arten von Parallelipipeden u. s. w.; nur könnte man nicht sagen, daß es auch sechs Arten hexagonaler Prismen gebe, weil die beiden ersten Gruppen diese Art von Formen nicht zulassen: bloß im rhomboedrischen System könnte man noch von dieser Form die übrigen ableiten.

Es genügt demnach, daß man sich eine klare Vorstellung von diesen sechs verschiedenen Körpern mache, um sämmtliche Arten von Krystallformen, die man je unter den unbelebten Körpern zu finden vermag, zu erhalten. Folglich kann auch die ganze Krystallisation einer Substanz durch eine einzige Form repräsentirt werden, die gehörig gewählt und hinsichtlich ihrer relativen Dimensionen gut bestimmt ist. Eine solche Form nennt man die Grundgestalt oder primitive Gestalt der Substanz.

Wir wollen nun auch näher erörtern, was dies bedeutet. Sämmtliche regelmäßige Körper sind durch sich selbst bestimmt; so sind z. B. ein Würfel, ein regelmäßiges Octaeder, oder ein Tetraeder Körper, von denen jeder für sich allein besteht und keine Varietät zuläßt. Es können aber unendlich viele Prismen mit quadratischen oder rectangulären Grundflächen bestehen, ebenso auch unendlich viele Octaeder mit quadratischen und rectangulären Grundflächen und unregelmäßige Tetraeder: es hängt Alles von dem Verhältniß ab, welches zwischen der Länge gewisser Kanten und der Länge der Kanten einer verschiedenen Art stattfinden kann. Um also eine klare Vorstellung von einem Prisma mit quadratischer Grundfläche zu erhalten, muß man das Verhältniß angeben, das zwischen der Höhe und der Seite der Grundfläche besteht. Man muß z. B. sagen, daß die Grundfläche 1 und die Höhe 2, 3 oder 4 u. s. w beträgt.

Wir werden § 63 eine Uebersicht von den Mitteln geben, die man besitzt, um eine richtige Wahl der Grundform zu treffen und ihre relativen Dimensionen zu bestimmen.

§. 43. Gesetz der Symmetrie. — Wenn man nun die physikalischen und geometrischen Charaktere der Hauptformen jeder Gruppe vergleicht, so stößt man auf eine allgemeine Thatsache, die man das Gesetz der

Symmetrie genannt hat: daß nämlich an einem Krystall alle Theile derselben Art zugleich und auf die nämliche Weise verändert sind, oder umgekehrt, daß die Theile verschiedener Arten, einzeln oder verschieden verändert sind.

Wenn daher alle Kanten eines Krystalls von derselben Art sind, bleiben sie entweder alle zugleich unversehrt, oder erleiden alle zugleich dieselbe Veränderung. Dies ist beim Würfel, beim regulären Octaeder u. s. w. der Fall.

Hat es mehrere Arten von Kanten, so gibt es auch eben so viel Arten von Veränderungen, deren jede einzeln auftreten kann. Dies beobachtet man am Octaeder mit quadratischer, rectangulärer Basis u. s. w. oder an den Prismen dieser verschiedenen Gruppen. Wenn es an den einen zweierlei Arten von Kanten hat, so gibt es in der That auch zweierlei Arten von Veränderungen, die einzeln auftreten können; kommen bei andern dreierlei Arten von Kanten vor, so finden sich auch dreierlei Arten von Veränderungen u. s. f.

Man muß sich wohl merken, daß man unter Kanten derselben Art nicht nur solche begreift, die gleich sind, sondern Kanten, welche gleich sind und zugleich eine solche Lage haben, daß sie den Durchschnitt von Flächen bilden, welche denselben Winkel mit einander einschließen. In einem rhombischen Prisma z. B. sind die vier Seitenkanten gleich, und doch sind sie von zweierlei Art; zwei finden sich am Durchschnitt der Flächen, die einen spitzen Winkel bilden, während die beiden andern da liegen, wo die Flächen unter einem stumpfen Winkel zusammentreffen.

Man sieht hieraus leicht ein, daß in den senkrechten Prismen mit quadratischer oder rhombischer Grundfläche alle Kanten an den Grundflächen von derselben Art sein werden, weil die Flächen, welche sie bilden,

alle unter einem rechten Winkel zusammentreffen; dasselbe ist jedoch bei den schiefen Prismen nicht mehr der Fall, weil es alsdann Kanten gibt, die den spitzigen und solche, die den stumpfen Flächenwinkeln entsprechen.

Nun wollen wir noch erklären, was wir unter den Ausdrücken auf dieselbe Art verändert oder verschieden verändert verstehen. Hiezu muß man die Winkel messen. Bei einem Prisma von quadratischer Basis z. B. kommt es häufig vor, daß alle Kanten, deren es doch zweierlei hat, zugleich verändert sind (Fig. 230); aber diese sind verschiedener Art. Mißt man die Neigungen, so findet man in der That, daß jede verändernde Fläche der Seitenkanten dieselbe Neigung gegen beide anliegenden Flächen hat; aber jede Fläche, welche die Kanten der Grundflächen verändert, zeigt zweierlei Arten von Neigungen, die eine, unter einem gewissen Winkel gegen die Grundfläche, die andere, von jener verschieden, gegen die Seitenfläche. Hieraus folgt, daß das also veränderte Prisma sich von dem ebenfalls an allen Kanten veränderten Würfel (Fig. 231), welcher eben so aussieht, unterscheidet, denn hier bietet jede Combinationsfläche, wo sie sich befindet, immer dieselbe Neigung gegen die Nebenflächen dar.

230.

231.

In dieser Beziehung lehrt uns die Beobachtung immer dasselbe: wenn sich eine Kante am Durchschnitt zweier gleichartigen Flächen befindet, so ist eine einzige Fläche, welche statt ihrer auftritt, immer gegen diese zwei Flächen gleichgeneigt; wenn dagegen die Kante zwischen zwei ungleichartigen Flächen liegt, so ist die Combinationsfläche immer ungleich geneigt. Dies ist die Ergänzung des Symmetriegesetzes, welches man dadurch ausdrücken will, daß man sagt, die Veränderung sei von derselben oder verschiedener Art.

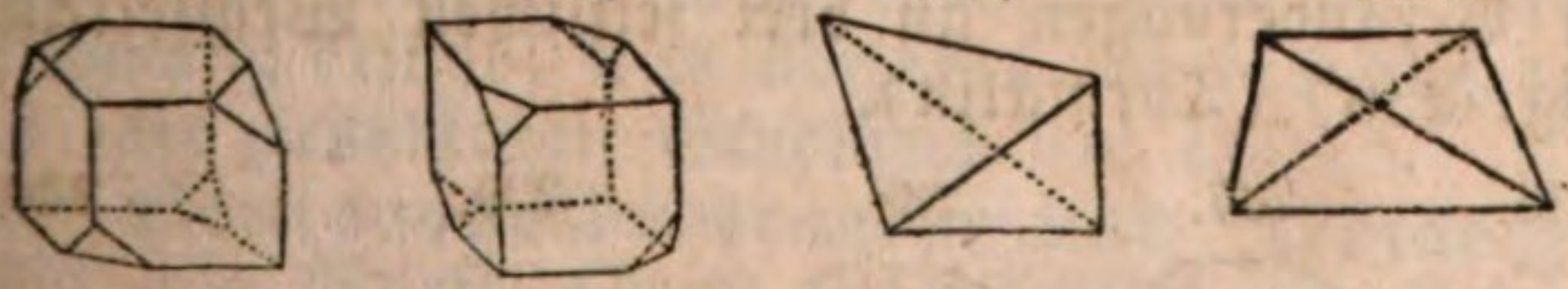
Alles, was wir in Beziehung auf die Kanten

gesagt haben, muß auch auf die Ecken ausgedehnt werden.

§. 44. **Scheinbare Ausnahmen.** — Es gibt jedoch einige Fälle, wo die Veränderungen sich anders darstellen, als wir so eben gezeigt haben, und eine Ausnahme von dem Gesetz der Symmetrie zu machen scheinen. Aber nach der glücklichen Idee von Delafosse sind diese Erscheinungen so wenig anomal, als die andern, und sie bieten uns nur eine neue Art von Erscheinungen dar, welche die Idee vervollständigt, die man sich von den Theilen einer und derselben Art, und von verschiedenen Arten an einem Krystall macht. Wir wollen die Thatsachen anführen.

1) Es gibt Krystalle (der Boracit), deren sämmtliche Flächen sich unter rechten Winkeln schneiden, deren acht Ecken folglich geometrisch identisch sind, und von welchen dessen ungeachtet häufig nur vier ihrer Ecken entweder wie in Fig. 232 oder in Fig. 233 abgestumpft sind; wo sich an den Enden einer Körper-Diagonale eine veränderte und eine unveränderte Ecke findet. Dieser Umstand führt im ersten Fall auf ein Tetraeder, das die Stellung wie Fig. 234, und im zweiten auf eines das die Stellung wie Fig. 235 hat.

232. 233. 234. 235.



Daraus nun, daß diese Ecken identisch waren, und doch nicht zugleich eine Veränderung erlitten, hat man geschlossen, es sei dies eine Ausnahme des Symmetrie-Gesetzes. Aber Delafosse zieht mit Recht einen andern Schluß: er meint, wenn diese sämmtlichen Ecken auch geometrisch identisch seien, so seien sie es nicht physikalisch, und daß unter dieser Voraussetzung das Gesetz der Symmetrie fortbestehe. Er stellt sich vor, daß ein solches Parallelipiped, anstatt aus kleinen ähn-

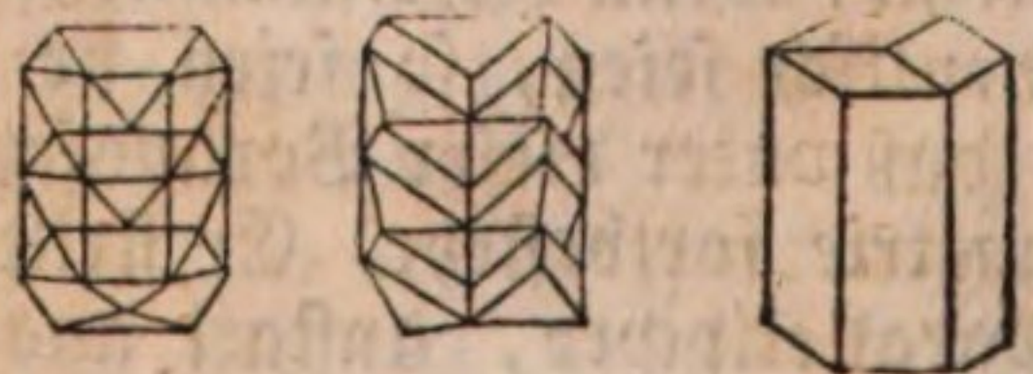
lichen Molekülen zu bestehen, aus kleinen Tetraedern zusammengesetzt sei, die reihenweise so geordnet sind, daß die Grundfläche der einen Ecke, und die Spitze der andern entgegengesetzten entsprechen, welche daher in physikalischer Beziehung von entgegengesetzter Art ist, als die erste. Das Gesetz der Symmetrie, welches also unangefochten bleibt, will, daß die eine ohne die andere verändert werden könne.

2) Etwas Aehnliches findet man bei den Prismen, deren Grundfläche ein regelmäßiges Sechseck ist. Alle Seitenkanten sind gleich und geometrisch identisch; Alle Kanten an den Grundflächen bieten unter sich dieselbe Identität dar; also sind alle Ecken gleich. Folglich sollen nach dem Gesetz der Symmetrie alle Kanten an den Grundflächen zugleich und auf dieselbe Art verändert werden; alle Seitenkanten, sowie alle Ecken sollen sich in demselben Fall befinden: dies trifft man auch wirklich bei vielen Körpern, z. B. beim Smaragd.

Aber es gibt auch Körper, wo sich die Sache anders verhält. Bei einigen verändert sich das sechsseitige Prisma bloß an drei Wechselkanten der Grundflächen (Fig. 236) oder an drei Ecken (Fig. 237) (Kalkspath, Rubin, Saphir); anderwärts finden sich nur Veränderungen an drei seitlichen Wechselkanten (Fig. 238) (Turmalin).

236. 237. 238. 239. 240.

241. 242. 243.



Alles dies hat man als eben so viele Ausnahmen von dem Gesetz der Symmetrie angesehen; und doch sieht man, wenn man die Strukturen in Erwägung zieht, daß dieses Gesetz hier vollkommen besteht. So können die Prismen, die sich an allen geometrisch gleichartigen Theilen verändern, als aus kleinen, prismatischen Molekülen derselben Art oder aus gleichseitigen, triangulären Prismen gebildet betrachtet werden. Solche, die sich nur an der Hälfte der Ecken oder an der Hälfte der Kanten der Basis verändern, sind aus rhomboedrischen Molekülen gebildet, die an der Spitze oder an den seitlichen Theilen (Fig. 239 oder 240) verändert oder in der Richtung ihrer Axe über einander gelegt sind (Fig. 241 oder 242). Was die Prismen betrifft, die an drei Seitenkanten verändert sind, so könnte man sie z. B. als aus drei rhombischen Prismen von 60° und 120° (Fig. 243) betrachten, deren Vereinigung alsdann seitlich drei gleichartige und drei andere physikalisch verschiedene Kanten darstellen würde; eben so fänden sich daran in physikalischer Hinsicht zwei Arten von Ecken. Um aber so die Bestimmung einer Form nach den Molekülen möglich zu machen, muß man genau alle Eigenschaften des Krystalls kennen, damit man sie alle durch die zu treffende Wahl in die gehörige Uebereinstimmung bringe, was übrigens nur das Ergebniß eines sehr gründlichen Studiums sein kann.

3) Pentagonaldodecaeder und Ikosaeder. — Es gibt Würfel (beim Schwefelkies und Kobaltglanz), deren Kanten alle zugleich und geometrisch auf dieselbe Weise verändert sind, und außerdem noch diesen Charakter zeigen, daß die erzeugte Facette ungleich gegen die anstoßenden Flächen geneigt ist, woraus dann folgt, daß diese letzteren in physikalischer Hinsicht nicht identisch sind; und sie sind auch in der That oft gestreift, wie Fig. 244, und zwar so, daß die Streifen einer Fläche senkrecht zu denen der andern stehen.

Welches nun auch die Form der Moleküle sein mag, die uns diese Unterschiede erklären könnte, — die Veränderurg an den Kanten des Würfels (Fig. 245) durch eine einzige Fläche, führt zu einem Polyeder, den wir bis jetzt noch nicht betrachtet haben; es ist ein Pentagonaldodecaeder (Fig. 246), von dem nur eine einzige Art unter den unbelebten Körpern existirt und die durch Winkel von ungefähr 127° zwischen gewissen Flächen, und von ungefähr 113° 30′ zwischen gewissen andern charakterisirt ist. *

Verbindet sich dieses Polyeder mit den Veränderungen an den Ecken des Würfels, so entsteht ein anderes Polyeder mit zwanzig dreiseitigen Flächen (Fig. 247): dies ist das Ikosaeder, zusammengesetzt aus acht gleichseitigen Dreiecken, die den Flächen des Octaeders entsprechen, und von zwölf gleichschenkligen, worin es sich von dem geometrischen Ikosaeder unterscheidet, dessen sämmtliche Dreiecke gleichseitig sind. Nicht selten kommt auch der Fall vor, wo die Octaederflächen im Vergleich zu den übrigen Flächen sehr groß sind und alsdann der Körper wie Fig. 248 erscheint. Auch sieht man hier, daß die Kanten des Octaeders nicht alle von derselben Art sind, weil sich die Veränderungen auf zwei an jeder Ecke beschränken.

244.

245.

246.

247.

248.

* Bei dem geometrischen Pentagonaldodecaeder sind alle Flächen um 116° 33′ 32″ gegen einander geneigt; alle ebenen Winkel betragen 108°. Beim natürlichen Pentagonaldodecaeder finden sich zwei ebene Winkel von 106° 37′, zwei von 102° 38′ und einer von 121° 30′.

§. 45. **Dimorphismus und Isomorphismus.** — Aus dem, was wir vorhin sahen, geht nothwendig hervor, daß die Krystallformen uns ein vortreffliches Unterscheidungsmittel bei solchen unbelebten Körpern, welche zu krystallisiren vermögen, uns an die Hand geben, da die einen alsdann einem bestimmten System, die andern einem von diesem verschiedenen angehören: übrigens bieten alle Krystalle besondere relative Dimensionen in den primitiven Gestalten dar, die man annehmen muß.

Indessen bestehen zwei Phänomene, welche die Wichtigkeit dieser Formen bedeutend beschränken: man nennt sie Polymorphismus und Isomorphismus.

Der Polymorphismus ist das Vermögen, welches gewisse ihrer Natur nach identische Substanzen besitzen, unter Formen zu krystallisiren, die verschiedenen Systemen angehören. Bis jetzt kennen wir mit Zuverlässigkeit nur zwei Arten von Krystallsystemen für eine und dieselbe Substanz; deßhalb bezeichnet man allgemein die Erscheinung mit dem Namen Dimorphismus.

Gegenwärtig gibt es mehrere ihrer Natur nach identische Stoffe, wovon jeder in verschiedenen Systemen krystallisirt; aber die in dieser Hinsicht am längsten schon bekannte Substanz ist der Kalkstein, welcher einerseits in dem rhomboedrischen System, wo er den isländischen Kalkspath bildet, und anderseits in dem geraden rectangulären prismatischen System krystallisirt, wo man ihn Arragonit nennt. Man muß bemerken, daß diese Veränderungen hinsichtlich der Krystallsysteme in einem Stoff von bestimmter Natur auch die Veränderung aller übrigen physikalischen Eigenschaften, z. B. der Härte, des specifischen Gewichts, der optischen Eigenschaften u. s. w. zur Folge haben, wie wir bei der speciellen Abhandlung dieser Charaktere (§. 66 bis 84) sehen werden.

Der Isomorphismus besteht darin, daß Körper von verschiedener Natur oft die gleiche Form, oder wenigstens Formen derselben Art annehmen, welche nur durch die relativen Dimensionen ihrer verschiedenen Theile von einander verschieden sind. Diese Eigenschaft, von der man anfangs glaubte, daß sie sich bloß auf das kubische reguläre System (système cubique) beschränke und die man jetzt in allen andern findet, rührt davon her, daß gewisse einfache Körper neben besondern Charakteren, durch die sie sich unterscheiden, auch allgemeine Eigenschaften besitzen, wodurch sie sich einander nähern, und unter andern namentlich die Eigenschaft zeigen, die gleiche Form den Verbindungen einer und derselben Ordnung zu geben, welche sie mit bestimmten Körpern bilden können, §. 111. So erzeugen z. B. der Schwefel und das Selen, wenn sie sich mit Blei, Silber, Zink ꝛc. verbinden, Körper, die hinsichtlich ihrer Form identisch sind; so stellen die Oxyde des Eisens, Mangans, Chroms, Aluminiums ꝛc. eine Reihe von Körpern dar, die auf dieser oder jener Oxydationsstufe identisch sind, eine andere Reihe auf einer verschiedenen Stufe und bilden, wenn sie hierauf mit einer Säure eine Verbindung von einer gewissen Ordnung eingehen, auch Salze, welche sich in dieser Beziehung völlig gleichen.

Aus diesen Bemerkungen geht, wie wichtig auch die Krystallformen sein mögen, hervor, daß sie niemals zur Identifikation gewisser Körper und zur Unterscheidung von andern ausreichen.

Ursachen der Abänderung der Gestalten in jedem System, und Systemveränderungen.

§. 46. Abänderung in einem und demselben System. — Wenn es gewiß ist, daß es in jedem Krystallsystem sehr verschiedenartige Formen geben kann, so fragt man sich auch ganz natürlich, wie es kommt,

daß ein und derselbe Körper bei seinem Krystallisiren bald die eine bald die andere Form annehmen kann. Diese Frage hat mich früher zu vielen Untersuchungen an Salzen veranlaßt, welche man auflösen und nach Belieben krystallisiren lassen kann. Ich habe daraus das allgemeine Resultat gezogen, daß diese Variationen von der Natur der Flüssigkeit, die als Auflösungsmittel dient, ferner von den Stoffen, welche sie gleichzeitig mit denen enthalten kann, welche krystalliren, und von der Temperatur, bei welcher die Krystallisation vor sich geht, abhängen. Es folgen hier Beispiele von dem Gesagten:

Resultate der chemischen Laboratorien. — Der Alaun, der im Handel vorkommt, gibt, nachdem er durch mehrmals wiederholtes Krystallisiren nach und nach gereinigt worden war, im reinen Wasser sehr deutliche und in allen Theilen vollständige Octaeder. Fügt man aber zu dieser Auflösung irgend ein anderes Salz, irgend eine Säure oder eine Basis hinzu, so erhält man veränderte oder selbst ganz verschiedene Krystalle. Durch Salpetersäure werden die vier Ecken des Octaeders je durch eine Fläche ersetzt. Mit der Chlorwasserstoffsäure erhält man diejenigen Flächen, die zu dem Ikosaeder führen. Die Borsäure bewirkt die Bildung von Würfelkrystallen; einige Tropfen kohlensauren Kalis oder Ammoniaks, oder selbst ein kohlensaures Salz als Pulver in die Flüssigkeit gerührt, haben das gleiche Resultat. Eine bei 100° gesättigte Auflösung erzeugt durch Erkaltung nur Octaeder; dagegen in geschlossenen Gefäßen bei höheren Temperaturen gesättigt, gibt sie Rautendodecaeder und Trapezoeder.

Man kann also Alaun unter sehr verschiedenartigen Formen erhalten, die ganz von den Umständen abhängig sind, in welchen dieser Körper krystallisirt hat. Aehnliche Modifikationen bieten alle übrigen Salze

dar, wenn man die Natur der Flüssigkeit und die Temperatur gehörig variiren läßt.

Analoge Umstände bei den Mineralien. — Die natürlichen Krystalle stellen Veränderungen dar, welche solche Umstände anzuzeigen scheinen, die den vorhin erwähnten analog sind. Es sind in der That die Formen eines und desselben Minerales, je nach der Beschaffenheit der Stoffe, welche sie begleiten, und mit welchen es daher auch krystallisirt hat, der=gestalt verschieden, daß die Mineralogen schon seit lange die Fundorte gewisser Mineralien nur allein aus ihren Krystallformen erkennen. So unterscheiden sich unter andern der Kalkspath des Harzes von dem in Derbyshire, die Kalkkrystalle der Kalkgebirge von denen der Gänge oder der verschiedenen metallfüh=renden Lager; das krystallisirte Eisenerz der Insel Elba von dem zu Framont in den Vogesen; der in einfachen Krystallen auftretende Arragonit der Eisen=bergwerke von demjenigen, den man in den Thonen der salzführenden Schichten findet, wo er die pris=matischen Gruppen darbietet, die wir bald beschreiben werden, §. 49. Wir vermöchten noch eine große An=zahl von Arten anzuführen, welche gleichfalls je nach ihrem Fundorte und den mit auftretenden Stoffen variiren, wenn wir nicht befürchten müßten, zu viele Körper aufzuführen, ehe wir sie kennen gelernt haben.

§. 47. **Systemveränderung.** — Der Dimorphis=mus scheint auch von den äußern Umständen abhängig zu sein, unter welchen die Krystallisation vor sich geht. So gibt der in Schwefelkohlenstoff aufgelöste Schwefel durch Verdunstung Krystalle in der Form eines geraden rhombischen Octaeders; dagegen krystallisirt der ge=schmolzene Schwefel durch Erkaltung im schiefen pris=matischen System. Das Kupfer, das sich aus einer Salzauflösung auf eine Eisenplatte niederschlägt, stellt Krystalle aus dem kubischen (regulären) System dar, dagegen krystallisirt das geschmolzene Kupfer im rec=

tangulären System. Das Kochsalz, das im Wasser als Würfel krystallisirt, schien mir durch Schmelzung rhombische Octaeder zu geben; die Masse erfüllt sich aber kurze Zeit nachher mit Sprüngen, die parallel mit den Flächen des Würfels sind. Auflösungen, die zuvor mit gewissen, nicht sehr krystallisirbaren Salzen gesättigt werden, in welchen man alsdann eines, das schnell krystallisirt, sich auflösen läßt, zwingen dieses letztere, die Formen anzunehmen, die dem andern zukommen.

Es ist zu bemerken, daß unter den außergewöhnlichen Formen, welche eine Substanz auf diese Weise annehmen kann, die Anordnung der Theilchen sich nicht im Zustand stabilen Gleichgewichtes befindet; so fallen z. B. die Salze, welche man unter einer Form, die sie gewöhnlich nicht zeigen, zu krystallisiren zwang, sehr schnell in Staub; so erfüllen sich die geschmolzenen Stoffe, welche keinen sehr hohen Grad von Cohäsion besitzen, schnell mit Rissen, welche auf eine innere Veränderung in der Krystallisation hinweisen; der Arragonit widersteht nicht der Rothglühhitze, wie der Doppelspath, denn er hat sich kaum erhitzt, als er auch schon sich aufbläht und zerfällt. Oefters reicht schon eine Temperaturerhöhung hin, um die ganze innere Struktur eines Körpers zu verändern, ohne daß sich selbst irgend eine Veränderung auf der Außenseite ausspricht; man bemerkt alsdann bloß innere Risse in regelmäßiger Lage, oder eine Veränderung der optischen Eigenschaften.

Bemerkungen über den Isomorphismus. — Der Isomorphismus hat öfters auch etwas an sich, was von äußern Umständen abhängt; dies ist z. B. bei den Salzen der Fall, welche in ihrer Zusammensetzung Wasser einschließen. Die Menge dieser Flüssigkeit variirt im Allgemeinen nach der Temperatur, bei welcher die Krystallisation vor sich geht, und eine bestimmte Menge bei einer bestimmten Temperatur bildet ein gewisses Salz, bei einer andern Temperatur aber

ein anderes. Es gibt nun bloß für identische Zusammensetzungen einen Isomorphismus; daher sind zwei Salzhydrate entweder isomorph oder nicht, je nachdem sie bei der Temperatur, die in diesem Falle für jedes geeignet ist, krystallisirt oder nicht krystallisirt haben. Die Gegenwart eines andern Salzes in der Auflösung erleichtert auch die Verbindung mit Wasser in bestimmten Proportionen; so nimmt z. B. das im Handel vorkommende schwefelsaure Kupfer (Kupfervitriol), wenn die Auflösung schwefelsaures Eisen (Eisenvitriol) enthält, die Form dieses letzteren an, und erhält daher auch eine Wassermenge, die von der gewöhnlich darin enthaltenen verschieden ist.

Krystallgruppen.

§. 48. **Verschiedene Krystallgruppen.** — Die Krystalle finden sich manchmal einzeln für sich bestehend, am häufigsten aber unter sich auf verschiedene Weisen, bald regelmäßig, bald zufällig gruppirt.

Die Gruppen sind jedesmal regelmäßig, wenn sich die Krystalle in ihren gleichartigen Flächen mit einander verbinden; daraus gehen bald größere Krystalle, von der nämlichen Form, wie jeder der sie zusammensetzenden kleinen Krystalle, bald ganz verschiedene hervor. So bilden z. B. kleine Würfel, Scalenoeder, Pyramidenprismen ꝛc. große Krystalle derselben Art (Fig. 249 bis 251), oder auch ganz andere Krystalle (Fig. 252 bis 254). Die meisten großen Krystalle zeigen ganz deutlich, daß sie auf eine solche Weise gebildet sind; oft ist einer ihrer Theile vollkommen deutlich,

249. 250. 251. 252. 253. 254.

während man an einem andern gleichsam nur das grobe Gerüst, das sie bildet, wahrnimmt.

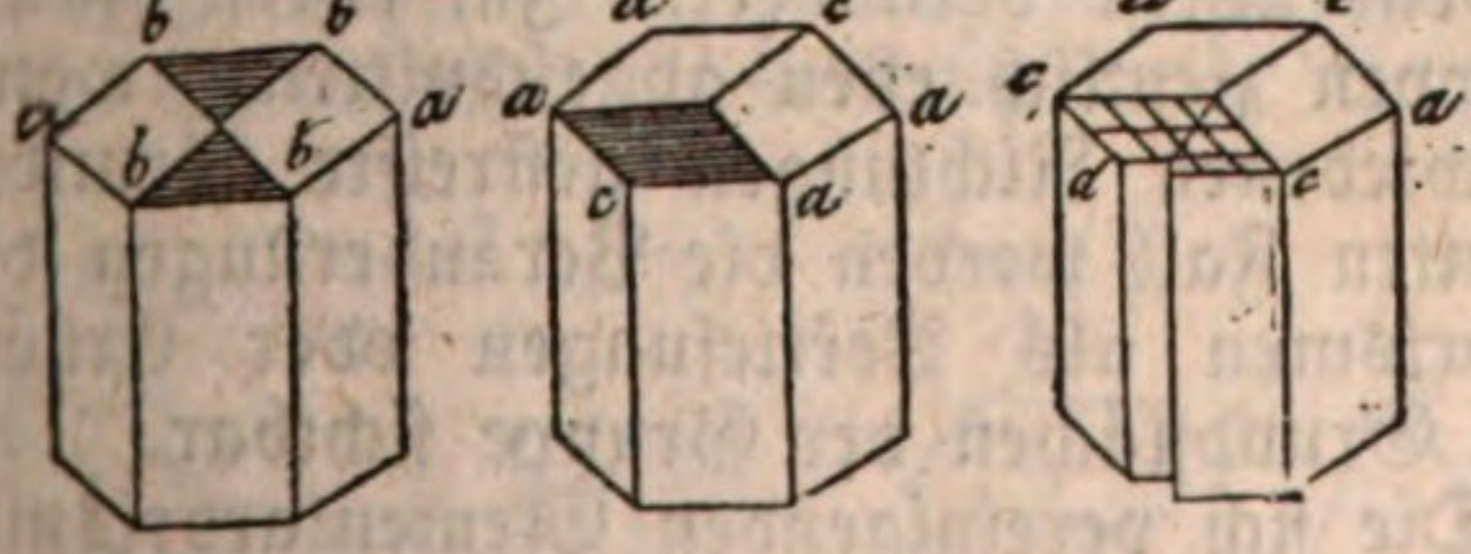
Gruppe der rhombischen Prismen. — Die Prismen mit rhombischen Grundflächen gruppiren sich sehr gerne zusammen und bilden bei einigen Substanzen (Arragonit, Bleiweiß) sehr merkwürdig zusammengesetzte Krystalle.

1) Zwei Prismen vereinigen sich an den Seitenkanten (Fig. 255); der Zwischenraum erfüllt sich mit Halbprismen von derselben Art; dies gibt eine sechsseitige Krystallgruppe, welche von der einen Art zwei einander entgegengesetzte Winkel a und von der andern Art vier Winkel b hat.

2) Zwei Prismen verbinden sich in einer Fläche (Fig. 256) und der Zwischenraum wird durch ein vom ersteren abgeleitetes Prisma erfüllt, wodurch ein anderes sechsseitiges Prisma mit vier Winkeln a von der vorigen und zwei Winkeln c von einer andern Art entsteht.

Zuweilen füllt sich der Zwischenraum mit kleinen Krystallen von derselben Art an, die um eine Mittellinie gedrängt herumliegen und einen einspringenden Winkel d zwischen sich lassen (Fig. 257), woraus ein Prisma entsteht, das zwei Winkel von der Art a, drei von der Art c und endlich den einspringenden Winkel d enthält.

255. 256. 257.

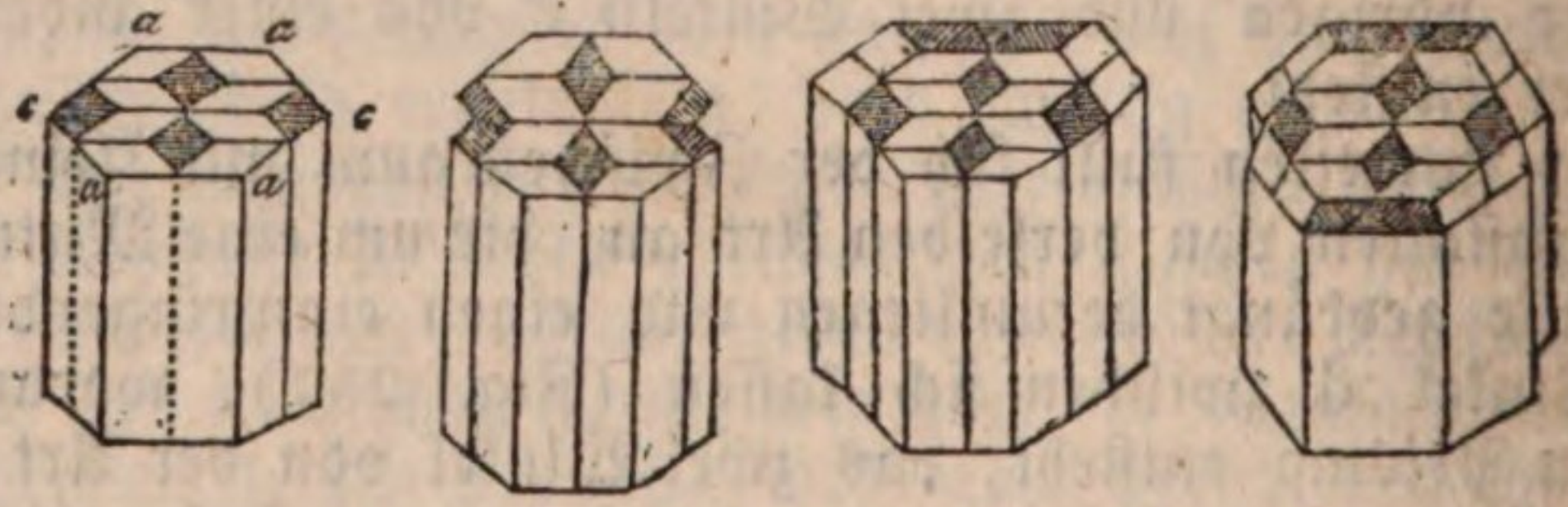


3) Auch geschieht es, daß sich die Prismen auf eine noch complizirtere Weise vereinigen, wie z. B.

Fig. 258, wo man zwei Gruppen (Fig. 256) und außen herum vier Krystalle sieht, welche Zwischenräume zwischen sich lassen, die von abgeleiteten Prismen angefüllt sind. Die daraus hervorgehenden sechsseitigen Prismen haben vier Winkel von der Art a und zwei von der Art c. Manchmal verbinden sich sogar die Gruppen (Fig. 257), und stellt das Ganze (Fig. 259) zwei einspringende Winkel dar.

4) Oefters vereinigen sich auch noch Krystalle um die vorige Gruppe herum, sei es auf einer einzigen Seite (Fig. 260), sei es auf zwei zugleich (Fig. 261); in dem einen und andern Fall bietet das zusammengesetzte Prisma einspringende Winkel dar. Endlich bilden sich auch dergestalt zusammengesetzte Gruppen, daß man sie unmöglich mehr beschreiben kann.

258. 259. 260. 261.

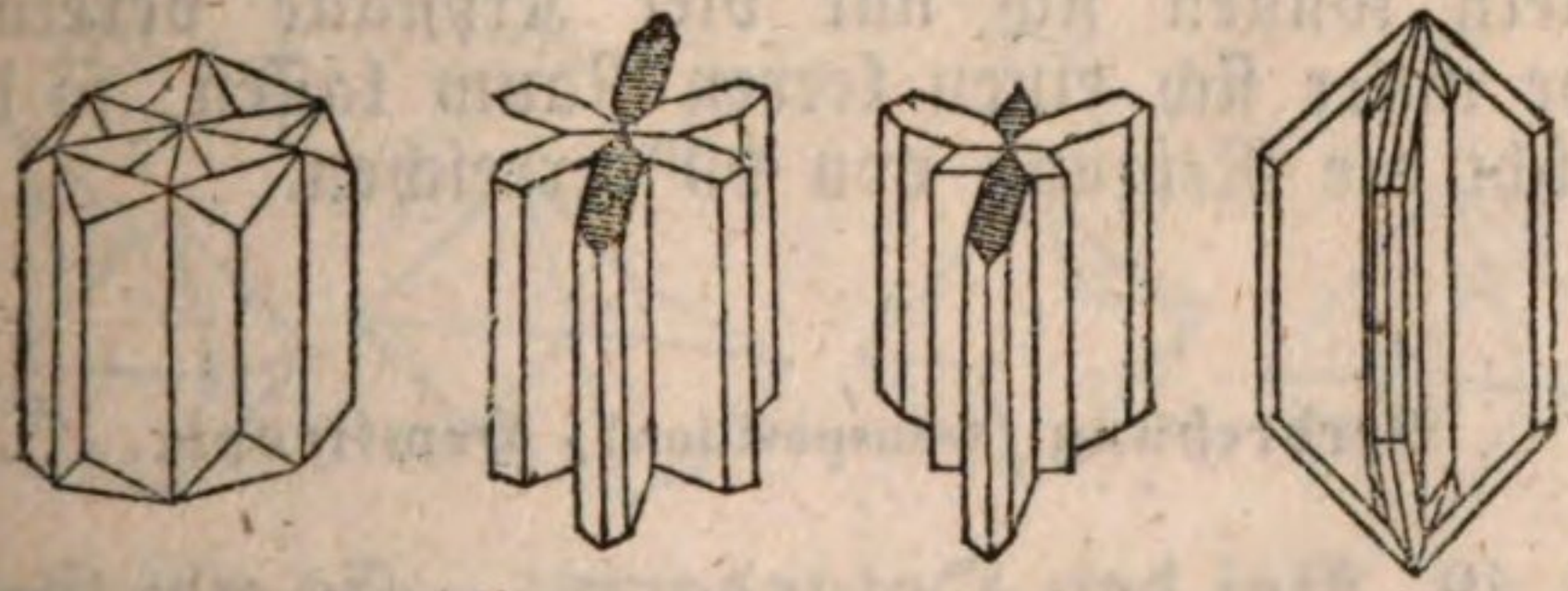


In diesen verschiedenen Fällen sind die vereinigten Prismen bald einfach an ihren Endflächen, bald auf verschiedene Weise verändert. Im ersten Fall haben die Gruppen ziemlich eben abgeschnittene, wenn auch in verschiedenen Richtungen gestreifte Grundflächen. Im zweiten Fall werden die Veränderungen der Elementarprismen als Vertiefungen oder Erhöhungen auf den Grundflächen der Gruppe sichtbar.

5) Die sich vereinigenden Elementarprismen sind manchmal an den Seitenkanten stark verändert; daraus geht die Krystallform (Fig. 263) hervor, wenn sämmtliche Prismen die gleiche Ausdehnung haben,

oder (Fig. 264) wenn drei von ihnen sehr klein bleiben. Werden die Prismen an ihren Spitzen verändert, so ergibt sich daraus eine Art Gerippe von einem Pyramidenprisma (Fig. 265).

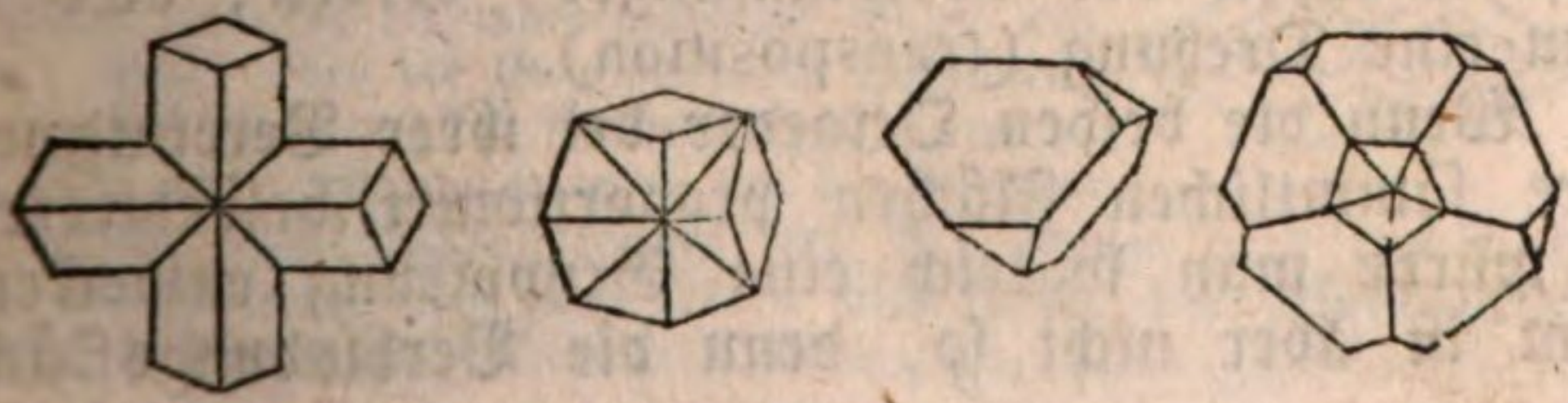
262. 263. 264. 265.



6) Die rhombischen Prismen vereinigen sich manchmal auch in den Modifikationsflächen ihrer Spitzen; auf diese Weise vereinigen sich z. B. bei dem Staurolith vier Spitzen zur Bildung eines rechtwinkligen Kreuzes (Fig. 266 oder 267). Aehnliches findet man in den Prismen mit quadratischen oder mit rectangulären Grundflächen.

Octaedergruppen. — Die Octaeder erzeugen durch ihre Vereinigungen gleichfalls Gruppen verschiedener Art; so könnten z. B. gewisse, durch die Vergrößerung einiger Flächen verunstaltete Octaeder (Fig. 268) durch ihre Vereinigung eine vollständige Gruppe bilden (Fig. 269), welche eine an der Spitze vertiefte fünfseitige Doppelpyramide mit einspringenden Winkeln an ihren Seitenecken darstellen.

266. 267. 268. 269.



Man begreift leicht, daß diese Pyramide nur in dem Fall vollständig und regelmäßig ist, wenn die Flächen, in denen sich die Octaeder gruppiren, gegen einander unter 72° geneigt sind; bei kleineren Winkeln, zwischen 72° und 60°, bleibt ein leerer Raum übrig, der sich unregelmäßig erfüllt; bei den größern Winkeln können sich nur vier Krystalle vereinigen, welche unter sich einen leeren Raum lassen, so lange sie nicht die Neigung von 90° erreichen.

Verdrehung (transposition), Hemitropie.

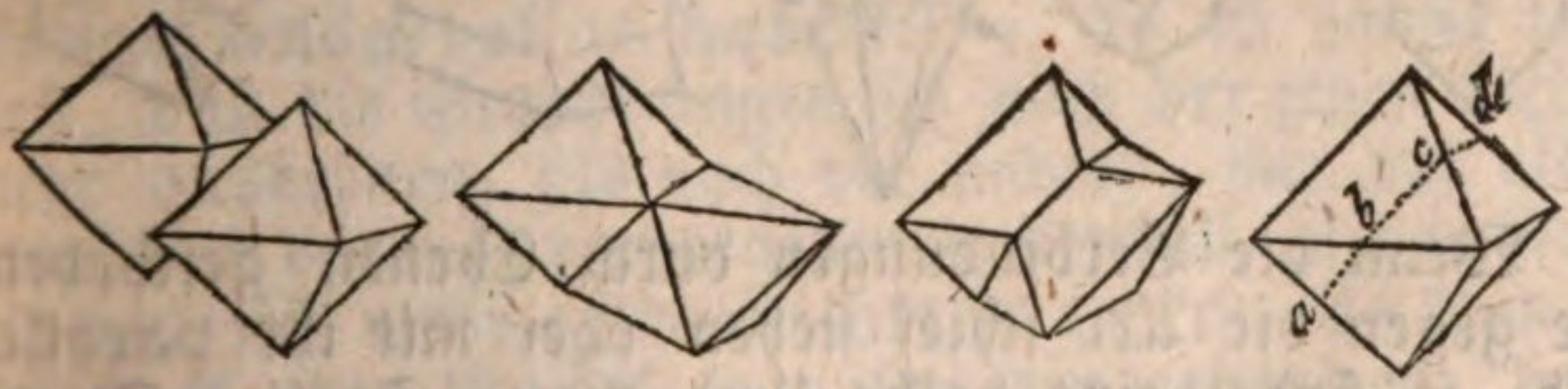
§. 49. **Bei den Octaedern.** — Es gibt Gruppirungen, die sich zwischen zwei Krystallen unter besondern Umständen bilden; die Sache geht aber so vor sich, wie wenn ein einziger Krystall in zwei Hälften geschnitten worden wäre, wovon die eine Hälfte eine Drehung von 60° oder selbst eine von 180° auf der andern gemacht hätte; man nennt dies für den ersten Fall Verdrehung (transposition) und Hemitropie (halbe Umdrehung) für den zweiten Fall.

Wenn sich zwei Octaeder mit einander verbinden würden, wie z. B. Fig. 270, so würden sich die verschiedenen Flächen des einen auf Ebenen finden, die mit denen des andern parallel laufen; dann aber würden die Spitzen der einen Fläche über die andere hinaustreten. Es findet nur in dem Fall eine Regelmäßigkeit Statt, wenn die gleichartigen Kanten einander decken, wie in Fig. 271, deßhalb muß der eine Körper sich auf dem andern um 60°, d. h. um den sechsten Theil des Kreisumfanges, drehen; dies ist nun eine Drehung (transposition).

Wenn die beiden Octaeder bei ihrer Vereinigung ihre sämmtlichen Flächen proportionirt beibehielten, so würde man sogleich eine Gruppirung entdecken; dem ist aber nicht so, denn die Verbindungsfläche

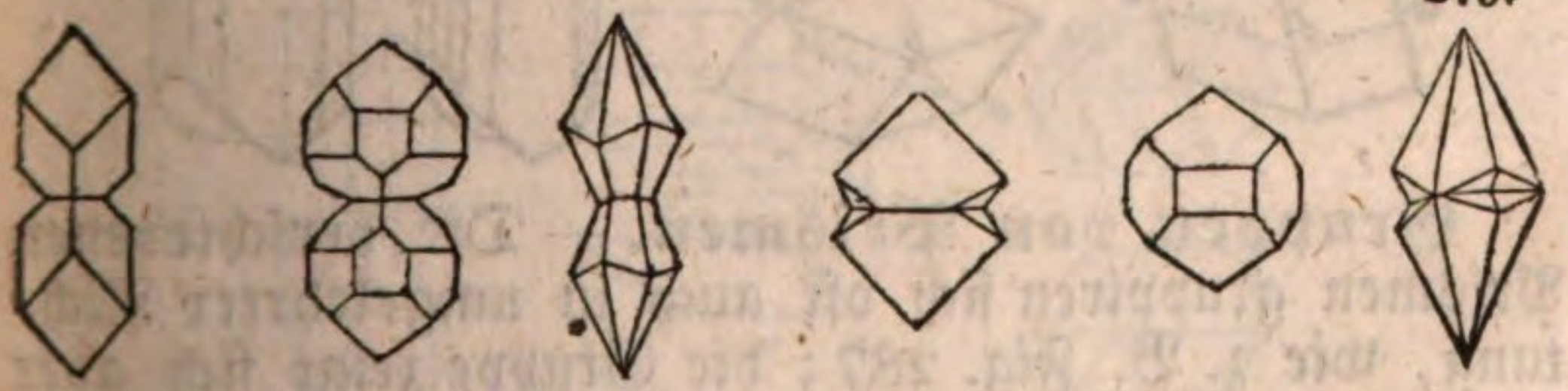
dehnt sich beträchtlich aus * und die Gruppe zeigt sich wie Fig. 272. Man bemerkt alsdann, daß die Sache so vor sich geht, wie wenn der Krystall (Fig. 273) zwischen zwei Gegenflächen durch eine parallele Ebene, abcd, durchschnitten und die eine Hälfte auf die andere gedreht worden wäre.

270. 271. 272. 273.



Gruppen von Rhomboedern und Scalenoedern. — Aehnliche Gruppirungen finden sich in allen Krystallsystemen vor. Die Rhomboeder oder die Prismen, welche sie an ihren Spitzen darstellen, die Scalenoeder 2c., vereinigen sich oft paarweise durch Ebenen, die senkrecht zur Axe stehen (Fig. 274 bis 276); sind aber die Verbindungsebenen sehr ausgedehnt, so zeigen sich diese Gruppen, wie Fig. 277 bis 279, und die

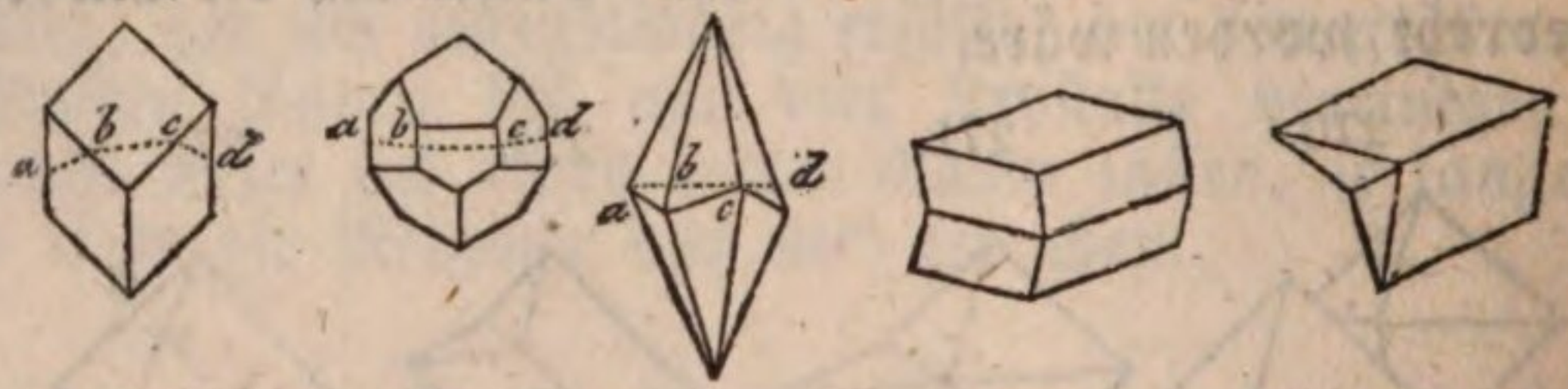
274 275. 276. 277. 278. 279.



* Diese Erweiterung rührt von dem Wachsen her, das nach der ersten Vereinigung der beiden Körper stattfindet; z. B. man begreift leicht, daß zwei kleine Körperchen, *a* und *b*, sich in der Spitze vereinigen und daß alsdann die Verbindungsebene ein mathematischer Punkt sein wird. Wird aber die Gruppe durch Schichten, von welchen sie von allen Seiten eingehüllt wird, nach und nach größer, so wird sich die Verbindungsfläche allmählig ausdehnen und das Ganze wird eine solche Form annehmen, daß man darin nicht mehr die ursprünglichen Formen erkennen wird.

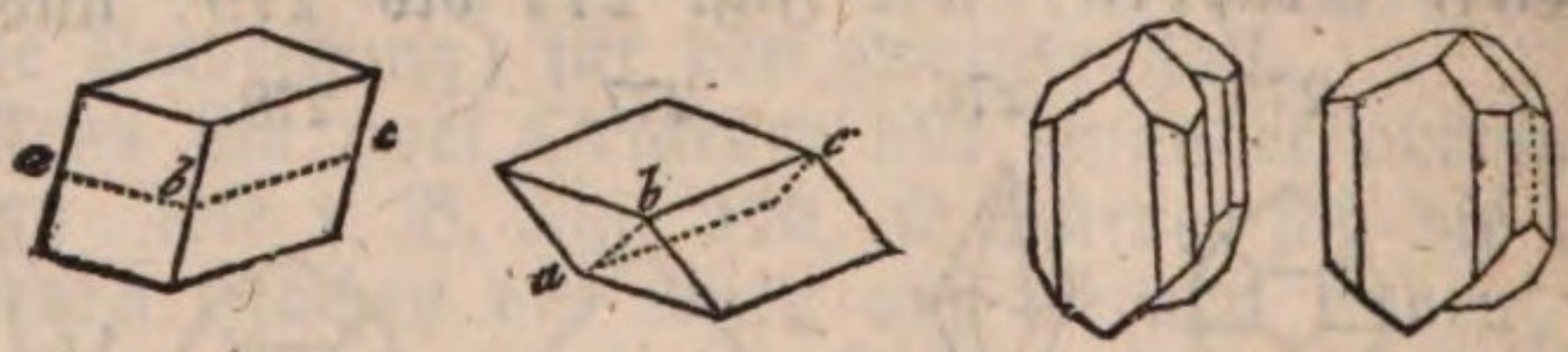
Sache verhält sich, als ob die vollständigen Körper (Fig. 281 und 282) durch eine zur Axe senkrechte Ebene, abcd, geschnitten, und der eine Theil um 60° auf dem andern gedreht worden wäre.

280. 281. 282. 283. 284.



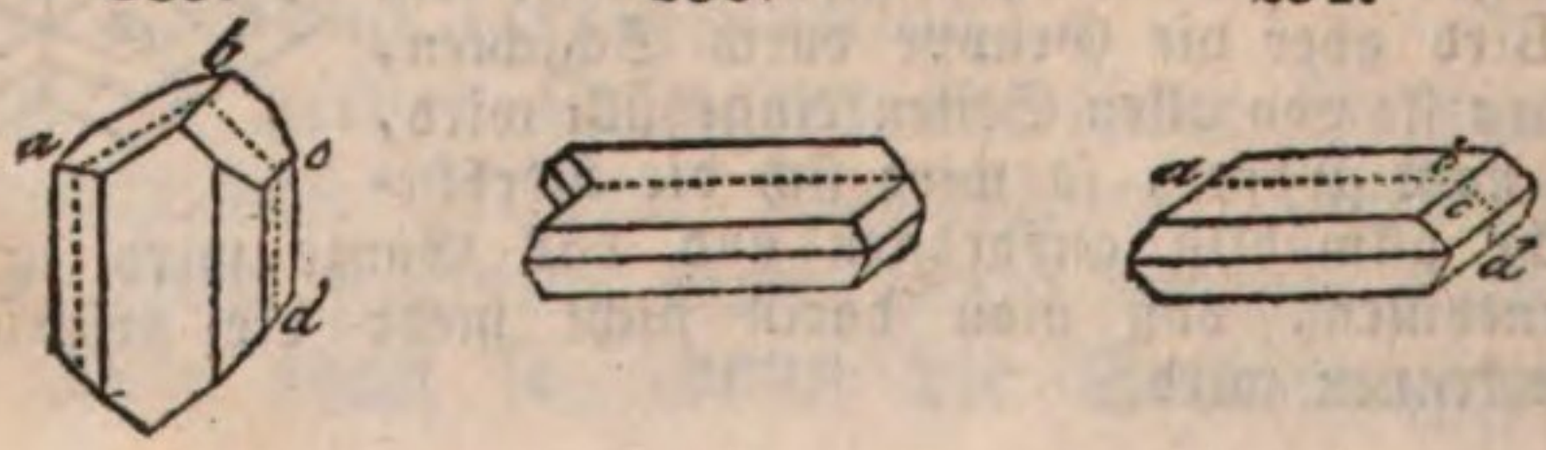
Wenn die Verbindungen durch Ebenen geschehen, die gegen die Axe schief stehen oder mit ihr parallel sind, so findet eine halbe Umdrehung Statt. Somit geben die schiefen Prismen, die Rhomboeder, die in ihren Flächen mit einander verbunden sind, oder durch an ihren Kanten erzeugte Flächen Gruppen, wie Fig. 283, 284, wo es scheint, als ob die Körper (Fig. 285 und 286) durch die Ebenen abcd geschnitten und die eine Ebene um 180° gedreht worden wäre.

285. 286. 287. 288.



Gruppen von Prismen. — Die verschiedenen Prismen gruppiren sich oft auch in umgekehrter Richtung, wie z. B. Fig. 287; die Gruppe zeigt sich aber in Folge der Ausdehnung der Verbindungsebene, wie Fig. 288, und es verhalten sich die Sachen auf die Weise, wie wenn ein Krystall (Fig. 289) durch eine

289. 290. 291.

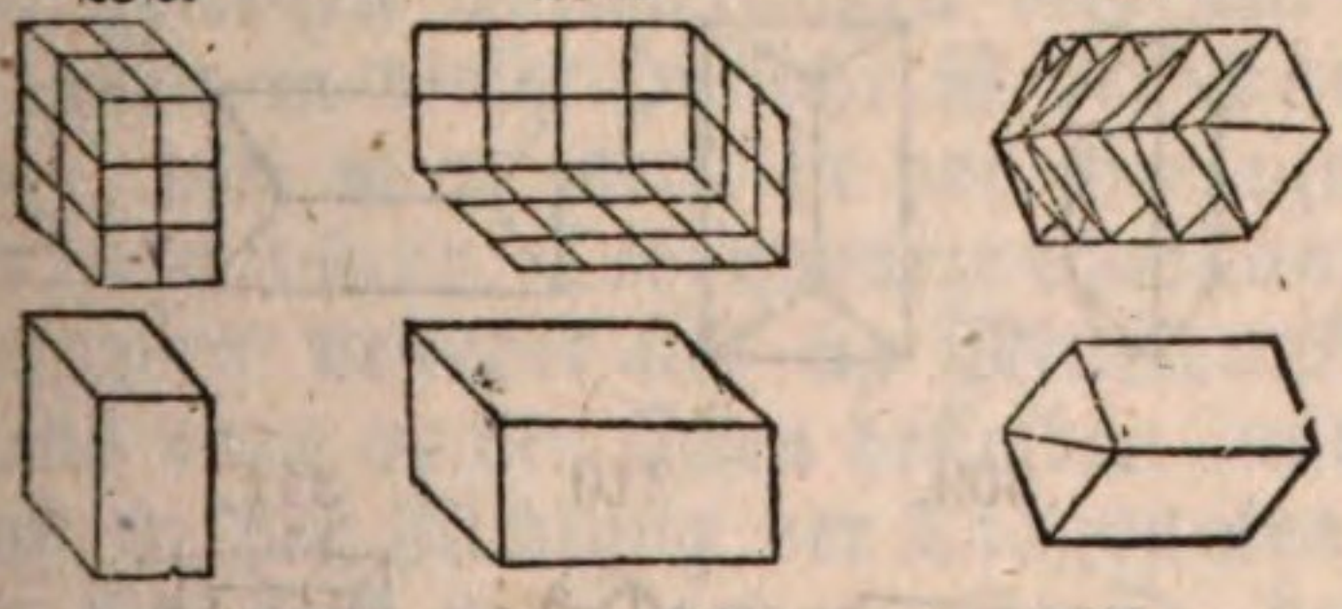


Ebene, abcd, durschnitten und die eine Hälfte um 180° auf der andern gedreht worden wäre. Das Gleiche findet in der Gruppe (Fig. 290) Statt, welche von dem Körper (Fig. 291) herkommt.

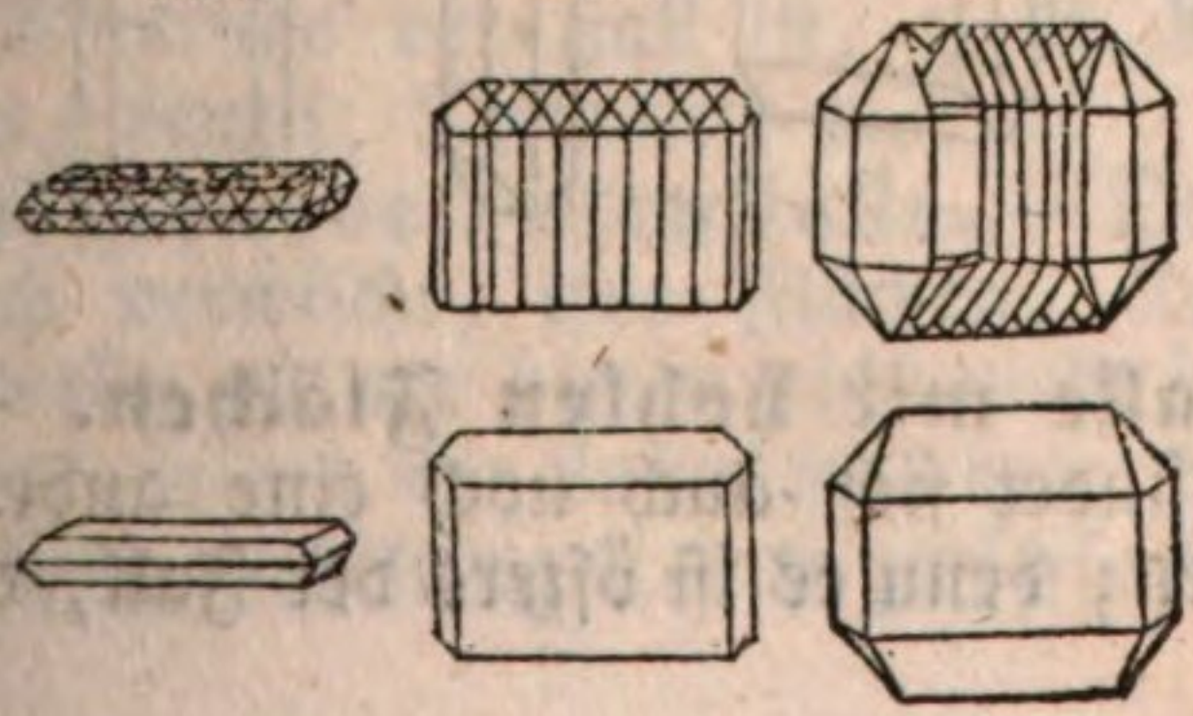
Aus der Form gekommene und undeutlich gewordene Krystalle.

§. 50. **Krystalle, die sich in die Breite und Länge ausgedehnt haben.** — Es ist häufig der Fall, daß die Gruppirungen sich nach der einen Seite mehr ausdehnen, als nach der andern, und daß alsdann der daraus hervorgehende Krystall in gewissen Flächen sich mehr ausdehnt als in andern. Es können sich z. B. die Würfel so zusammen gruppiren, daß der Körper das Aussehen eines quadratischen oder rectangulären Prisma's (Fig. 292 oder 293) gewinnt, jedoch ohne die charakteristischen Eigenschaften derselben anzunehmen; einfache oder gestützte Octaeder verlängern sich in der einen oder andern Richtung (Fig. 294 und 295); einfache oder pyramidale Prismen stellen sich als einfache oder veränderte Platten dar (Fig. 296 oder 297). Ebenso verlängern sich prismatische Kry-

292. 293. 294.

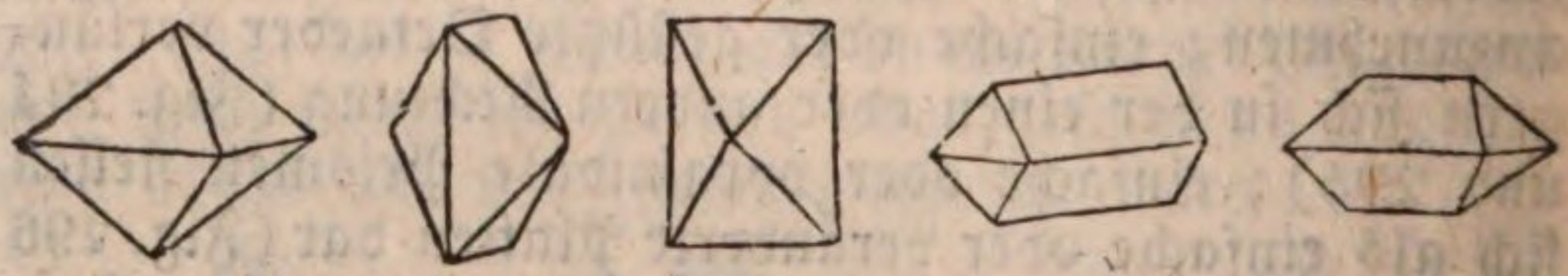


295. 296. 297.

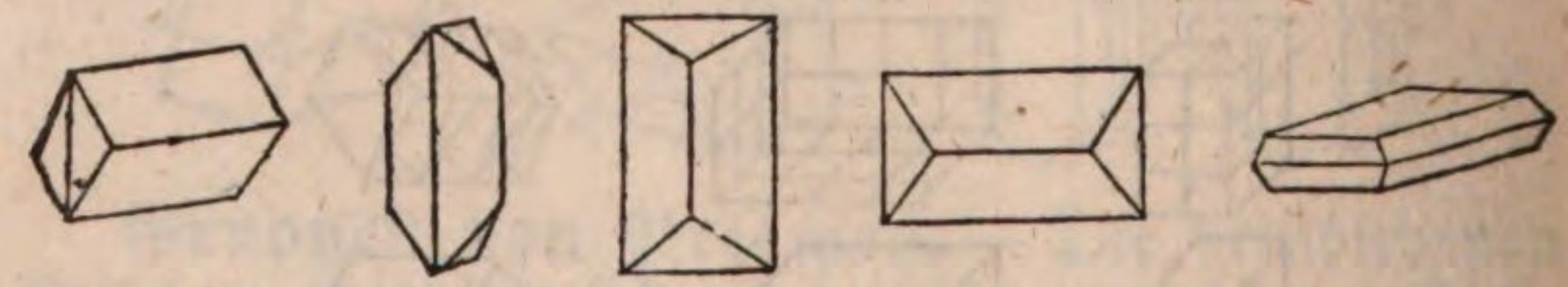


stalle, indem sich die einen so an das Ende der andern anlagern, daß sie eine Haarform erhalten ꝛc. Die Krystalle finden sich immer durch Gruppirungen in die Länge und Breite ausgedehnt, was besonders in den prismatischen Systemen und namentlich bei ihren Octaedern, die nun einfach oder verändert sein mögen, bemerkt wird. So verlängern sich z. B. die Octaeder (Fig. 298 bis 300) in der einen oder andern Richtung, und zeigen sich wie Fig. 301 und 302, 303 und 304, 305 und 306. In diesem Zustand ändern sie sich so ab, wie wenn sie regelmäßig proportionirt wären; daher die Tafelformen (Fig. 307 bis 312), welche aus den Gruppirungen kleiner Krystalle, wie Fig. 295 bis 297, hervorgehen.

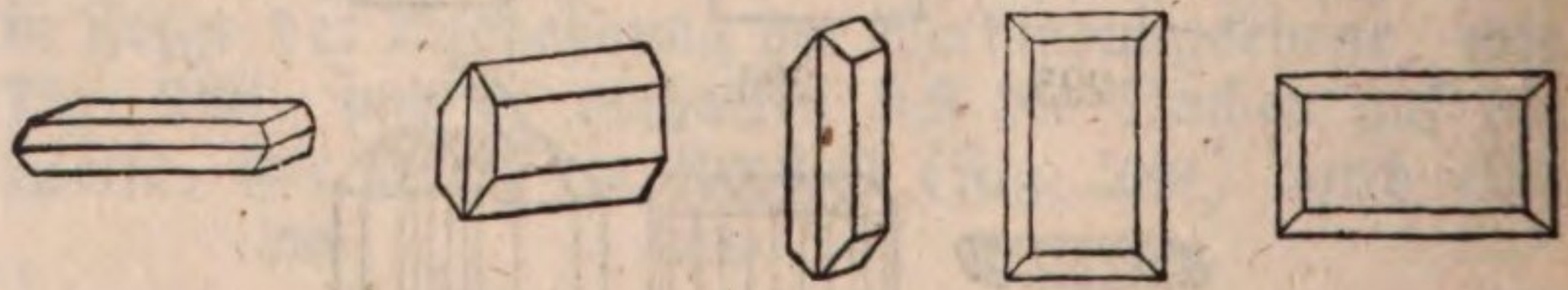
298. 299. 300. 301. 302.



303. 304. 305. 306. 307.



308. 309. 310. 311. 312.



Krystalle mit hohlen Flächen. — Bei den Krystallen findet sich auch noch eine andere Art von Mißgestalten; denn es ist öfters der Fall, daß bloß die

Kanten deutlich gebildet sind (Fig. 313), und die Flächen unregelmäßig und selbst bis auf den Mittelpunkt des Körpers ausgehöhlt sind. Solche Formen werden nicht selten in unsern chemischen Laboratorien erzeugt, wenn sehr concentrirte Auflösungen schnell krystallisiren; man erhält sie immer, wenn man eine concentrirte Auflösung in einer etwas schweren, pulverförmigen Substanz krystallisiren läßt. Auf diese letztere Weise geht wahrscheinlich die Sache in der Natur vor sich, denn sämmtliche Krystalle, welche diese Eigenthümlichkeit zeigen, finden sich im Sand und Thon, wo sie sich ohne Zweifel gebildet haben.

313.

Kreuzstein (macle) **von der Bretagne.** — Diese Beobachtung führt uns zu einer andern Thatsache, die sich bei ähnlichen Umständen ergibt, wenn die pulverförmige Substanz, in deren Mitte die Krystallisation stattfindet, leicht ist, so ist sie im Innern des Krystalls eingeschlossen und nimmt eine geometrische Lage in den Richtungen an, die von der Form dieses Polyeders abhängig sind. Man sieht dies auch bei mehreren in der Natur vorkommenden Substanzen, die sich in gewissen Ablagerungen bildeten. Eine der merkwürdigsten in dieser Hinsicht ist der Kreuzstein (Fig. 314), den man zuerst in der Bretagne in den Glimmerschiefern fand. Die schwarze Substanz dieses Schiefers befindet sich im Mittelpunkt des Krystalls oder an den Ecken desselben, und öfters auch in der Richtung der Diagonalen. Es finden sich noch viele andere Stoffe, bei denen das Nämliche der Fall ist, z. B. bei dem Granat, Leuzit, Tremolith 2c.

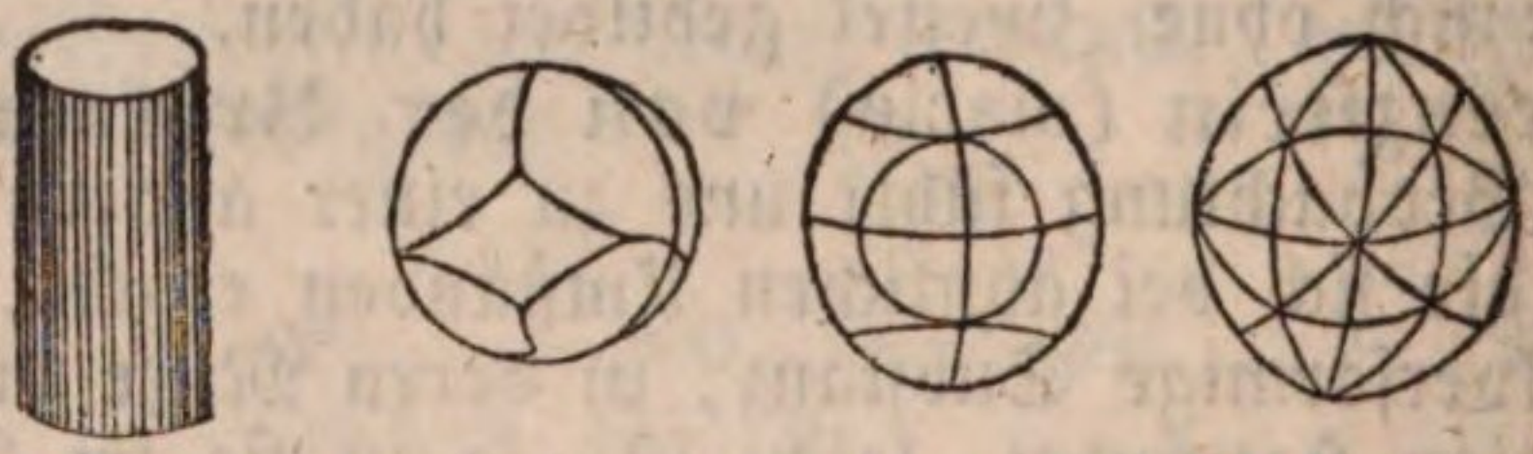
314.

§. 51. Abgerundete Krystalle. — Die Krystalle sind oft auch verwischt, ihre Flächen, Kanten und Ecken runden sich ab und bieten nicht mehr jene Regelmäßigkeit dar, in der wir sie bis jetzt betrachtet haben. Die sechsseitigen, achtseitigen und zwölfseitigen Pris-

men stellen cylindrische Gestalten dar (Fig. 315), die der Länge nach mit Streifen bedeckt sind, unter welchen man hin und wieder einige ebenen Flächen bemerkt, die darauf hinzuweisen scheinen, daß man die Abrundung der Vielfältigkeit der Flächen verdankt.

Die Rautendodecaeder, die Trapezoeder ꝛc. erzeugen häufig runde Formen (Fig. 316 bis 318), wovon uns namentlich der Diamant und der Granat Beispiele darbieten; fast immer sind bei diesen Körpern die Flächen und Kanten mehr oder weniger gewölbt und krummlinig.

315. 316. 317. 318.



Die stumpfen Rhomboeder, gewisse abgeplattete Octaeder, und im Allgemeinen die plattgedrückten Körper nehmen, wenn sie sich umgestalten, Linsenformen an (Fig. 319, 320); die Scalenoeder oder die verschiedenen Dodecaeder erhalten saamenförmige, faßförmige Gestalten ꝛc. (Fig. 321 bis 323); davon liefern uns namentlich die Kalke zahlreiche Beispiele. Im Allgemeinen finden sich eine Menge solcher abgerundeten Formen in allen Arten von Krystallen vor.

319. 320. 321. 322. 323.

§. 52. Die Formverwischungen scheinen ziemlich oft von der Vervielfältigung der Flächen an den Ecken und Kanten herzurühren; doch scheinen sie auch andern

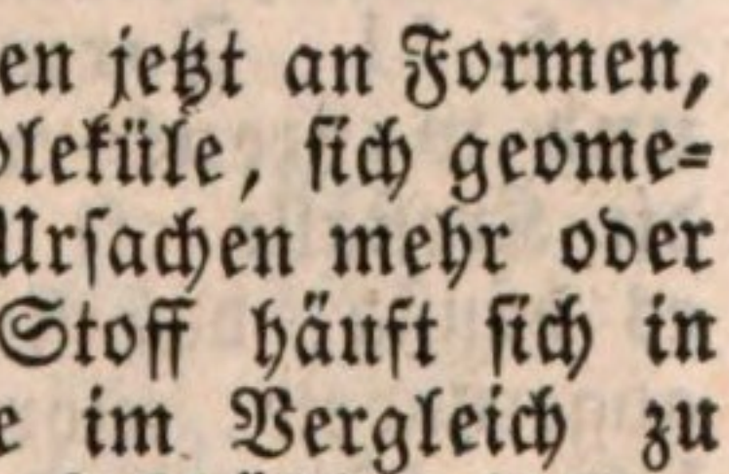
Ursachen zugeschrieben werden zu müssen. Wenn wir in unsern chemischen Laboratorien regelmäßige Krystalle erhalten wollen, so muß die Auflösung gehörig concentrirt sein und die Flüssigkeit keine Störung durch äußere Agenzien erleiden; wenn anders, so häufen sich alle Krystalle auf einander und gehen daraus entweder eine unregelmäßige Masse oder Krystalle hervor, die in der einen oder andern Richtung sich vergrößerten. Damit die schon gebildeten Krystalle regelmäßig sich zu vergrößern fortfahren, muß die Verdampfung mit der gehörigen Schnelligkeit fortgesetzt werden, wenn der Grad der Concentration stationär bleibt, oder noch mehr, wenn die Flüssigkeit aus einer feuchten Atmosphäre Wasser aufnimmt, so werden die gebildeten Krystalle angegriffen; sie runden sich alsdann an den Kanten und Ecken ab und werden auf der Oberfläche runzelig.

Zufällige Formen.

§. 53. **Trichter.** — Wir kommen jetzt an Formen, wo das Streben der materiellen Moleküle, sich geometrisch zu vereinigen, durch äußere Ursachen mehr oder weniger unterbrochen wird. Der Stoff häuft sich in unregelmäßigen Gestalten an, die im Vergleich zu denjenigen, womit wir uns seither beschäftigt hatten, rein zufällig sind.

Zu diesen Formen müssen wir die Trichter zählen (Fig. 324), die sich noch auf die Krystallisation beziehen, weil sie aus Krystallen zusammengesetzt sind, deren Gruppirung aber durch fremdartige Umstände geregelt werden. Die Trichter sind hohle Pyramiden, zusammengesetzt aus verschiedenen Krystallzonen, die allmählig von der Basis bis zur Spitze abnehmen. Sie bilden sich hauptsächlich auf der Ober-

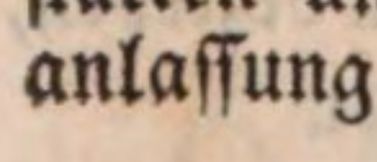
324.



fläche der Siedpfannen in den chemischen Fabriken, wo man die Salze im Großen darstellt. Zuerst sieht man an der Oberfläche der Flüssigkeit einen kleinen Krystall a erscheinen, welcher je nach seinem specifischen Gewicht, verglichen mit der Dichtigkeit der Flüssigkeit, mehr oder weniger tief einsinkt. Derjenige Theil des Krystalls, der an der Oberfläche sich befindet, wird ein Mittelpunkt, um den herum sich noch andere kleine Krystalle bilden, welche sich in Form von Rahmen oder Einfassungen an den Rändern des ersten aneinanderreihen. Die Masse sinkt alsdann noch mehr, und ein zweiter, ein dritter, ein vierter Rahmen 2c. bildet sich. Daraus ergibt sich endlich die erwähnte hohle Pyramide, deren Winkel von der Dichtigkeit der Flüssigkeit abhängt, worin sie sich bildete.

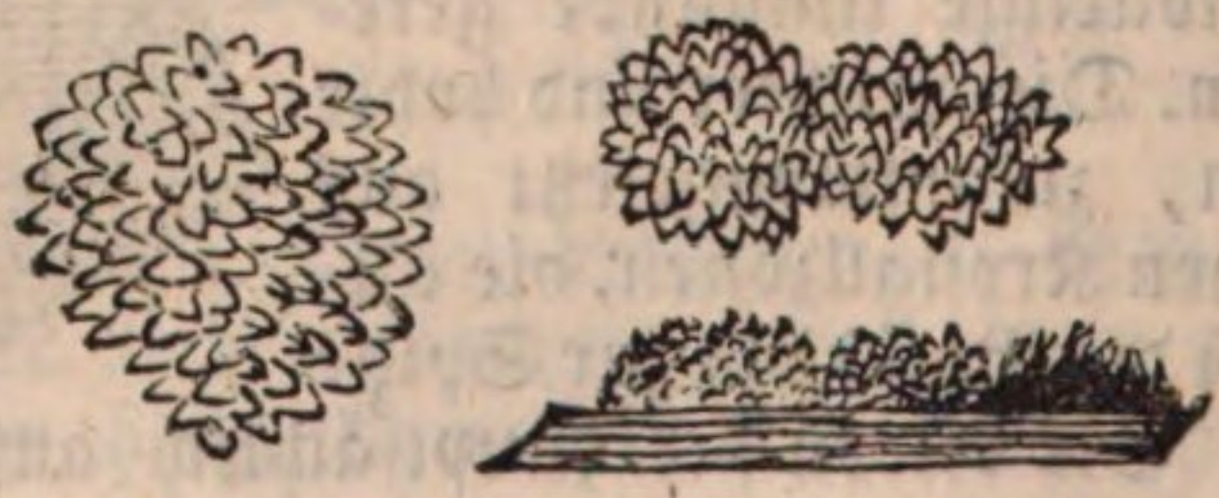
Auf gleiche Weise bilden sich gewisse Kalkhörner (Fig. 325) auf der Oberfläche solcher Wasser, die kohlensaure Kalke enthalten und sich in sehr luftigen unterirdischen Höhlen befinden.

325.



§. 54. Form durch Gruppirung. Nieren und warzenförmige Bildungen. — Wenn sich die Krystalle oft regelmäßig gruppiren, so geschieht es häufig, daß sie sich zufällig vereinigen und dann abgerundete, eiförmige, knotige, warzige 2c. Massen bilden (Fig. 326), deren Oberflächen mit Krystallen besäet sind, welche man im Innern sich fortsetzen sieht, wobei sie sich durch ihren gegenseitigen Druck umgestalten und zu einer strahlenförmigen Struktur Veranlassung geben.

326.



Zuweilen entstehen durch die Gruppirung auch Halbkügelchen, welche ihren Platz auf der Oberfläche der andern Körper nehmen und alsdann die mit Krystallen besäeten warzenförmigen (traubenförmigen) Bildungen darstellen. Diese Bildungen zeigen nicht elten auch Linsenformen, was besonders bei der Gruppirung gewisser tafelförmiger Krystalle (Schwerspath, Prehnit 2c.) der Fall ist.

Die Ursache dieser Gruppirungen zu Kugeln, die auf allen Seiten isolirt sind, ist wahrscheinlich der Widerstand der Mittel, worin die Krystallisation vor sich geht, denn wenn wir eine ziemlich leichte erdige Substanz in eine concentrirte Salzauflösung bringen, so bilden sich darin entweder abgesonderte Krystalle oder sphäroidische Krystallgruppen. Auf dieselbe Weise scheinen auch die natürlichen Krystallgruppen sich gebildet zu haben, weil man sie immer isolirt n den erdigen Substanzen findet.

Dendriten. — Die Dendriten sind ebenfalls unregelmäßige Krystallgruppen (Silber, Kupfer 2c.); es gibt darunter solche, die sich nach allen Seiten hinaus fortsetzen (Fig. 327); dann gibt es wieder andere, wo die auf der Oberfläche anderer Körper verbreiteten Krystalle als Zeichnungen in ganz leichtem Relief erscheinen, wie z. B. das Eis auf den Glasscheiben während des Winters.

327.

Auf die gleiche Weise bilden sich wahrscheinlich gewisse, gewöhnlich schwarze oder gelbliche, dendritische Zeichnungen, oder Kräuterzeichnungen, welche keine wahrnehmbare Dicke zeigen und welche man am ostesten zwischen den Blättern verschiedener Substanzen oder auch in sehr engen Spalten findet. Manchmal dringen diese Dendriten ganz in das Innere der Körpermassen ein, in welchem Falle man

sie tiefe Dendritten nennt, und als Gegensatz den andern den Namen oberflächliche Dendriten gibt. Die ährenförmigen Gebilden sind nur Varietäten von Dendriten, die durch spitze Krystalle gebildet sind, welche meistens der Rhomboedergruppe angehören.

328.

Korallenförmige Bildungen. — Diese Bildungen sind nur eine neue Art von Dendriten: sie gehen aus der Vereinigung kleiner haarförmiger Krystalle hervor, die sich wie um eine Axe legen, und aus denen abgerundete, auf alle Art mit einander verflochtene Aeste entstehen, die man sowohl wegen ihrer Form als der Art und Weise, wie sie unter einander anastomosiren, den Korallenästen vergleichen kann (Fig. 328). Sie bilden sich gewöhnlich an den Seitenwänden oder auf dem Boden unterirdischer Höhlen.

Die dendritischen Bildungen sprechen sich in unsern Laboratorien auf verschiedene Art aus. Häufig geschieht es, daß sich die Krystalle durch Schmelzung oder durch Verflüchtigung auf die bereits erwähnte Weise vereinigen. In wenig concentrirten Auflösungen im Wasser, deren Verdunstung eine feuchte Atmosphäre verzögert oder denen sogar beständig neues Wasser zugeführt wird, sieht man die Salze an den Wänden der Gefäße in Folge der Haarröhrchen-Anziehung emporsteigen; sie bilden alsdann krystallinische Pflanzenzeichnungen, die sich verschiedenartig verzweigen, besonders wenn die zum Rande des Gefäßes gelangte Substanz nach außen sich zu begeben beginnt. Dann werden die Krystalle mehr oder weniger umgestaltet, und nähern sich ihre Gruppen namentlich korallenartigen Formen.

§. 55. Resultate der Bewegung der Gewässer. Stalaktiten. Stalagmiten. — Die der Flüssigkeit im Momente des Festwerdens der Stoffe, die darin aufgelöst enthalten sind, eingepflanzte Bewegung zerstört die Kryſtallisation vollständig und bringt Gestalten hervor, die davon unabhängig sind: dies findet bei den Tropfsteinen (Stalaktiten) und Erbsensteinen (Pisoliten) statt.

Der Stalaktit ist ein mehr oder weniger in die Länge gestreckter, bald hohler, bald ausgefüllter Kegel, dessen Oberfläche glatt, wellenförmig oder knotig ist. Er bildet sich von oben nach unten an der Decke unterirdischer Höhlen durch das Hindurchsickern des Wassers, das gewisse Substanzen in sich aufgelöst enthält. Die kleinen Tröpfchen a, welche an das Gewölbe der Höhle zuerst gelangen (Fig. 329) lassen bei ihrer Verdunstung einen

329.

kleinen Ring von fester Substanz zurück, welcher durch die nachfolgenden Tröpfchen wächst und in kurzer Zeit eine dünne Röhre bildet. Die Wandungen dieser Röhre bedecken sich in dem Maße mit neuen Stoffen, als neue Flüssigkeit hinzutritt; das Innere aber, deren Raum begränzt ist, erfüllt sich schnell und nur der Außentheil allein wächst: er nimmt am obern Theile mehr auf, wo die Flüssigkeit immer zuerst Stoffe absetzt, ehe sie unten ankommt; daher die Kegelform der Masse nach einiger Zeit.

Die Tropfen, die von den Stalaktiten auf den Boden hinab fallen, bilden hier noch eine andere Ablagerung, da sie noch nicht ganz der materiellen Theilchen beraubt sind. Diese Ablagerung, Stalagmit genannt, nimmt besonders in senkrechter Richtung zu, woraus eine Erhöhung entsteht, die sich nicht selten endlich mit dem Stalaktit vereinigt: Es

ergeben sich hieraus Säulen, die den Anschein haben, als wären sie ausdrücklich von der Natur zum Tragen des Gewölbes bestimmt.

Das Wasser, das durch die Seitenwände hindurch sickert, bildet an demselben isolirte, wellenförmige, auf alle Weise festonirte und gefaltete Erhabenheiten, welche gleichsam Draperien vorstellen.

Diese verschiedenartigen Wirkungen zeigen sich im Großen hauptsächlich in den Höhlen oder Grotten der Kalkgebirge, welche die Aufmerksamkeit der Besucher besonders in Anspruch nehmen.

Erbsensteine. — Die Erbsensteine sind aus concentrischen Schichten bestehende, isolirte Kügelchen, die durch Gewässer erzeugt werden, welche fremde Stoffe in sich aufgelöst enthalten und die stets so bewegt werden, daß sie die auf ihrem Wege abgesetzten Sandkörner beständig in die Höhe heben können. Jedes so gehobene Körnchen bedeckt sich auf allen Seiten mit auf einander folgenden Häutchen, gebildet aus der Substanz, welche die Flüssigkeit absetzt, und vergrößert sich auf diese Weise, wobei es eine sphäroidische Form annimmt (Fig. 330), bis es, allzu schwer, um noch in Bewegung gesetzt werden zu können, zu Boden fällt, wo es mit den übrigen Kügelchen später eine zusammengebackene Masse bildet. Sehr häufig schließt jeder Erbsenstein in seinem Mittelpunkt ein Korn von einem fremdartigen Stoff ein; indessen begreift man leicht, daß dies keine wesentliche Bedingung bei der Erbsensteinbildung ist und daß das primitive Korn ein Theilchen von der schon zuvor gebildeten Erbsensteinsubstanz sein kann. Die Wasser von Vichy in der Auvergne, von Karlsbad in Böhmen, von St. Philipp in Toscana u. s. w. zeigen uns dieses Phänomen.

330.

Gerölle. — Die fließenden Gewässer bewirken auch an den Substanzen, welche sie den Gebirgen entreißen und mit sich fortführen eine Abrundung; dies

ist die Entstehung der Gerölle, unter deren Form sich sehr viele Substanzen zeigen — ein Umstand, den man weder mit der Bildung der Erbsensteine, noch mit der der bereits erwähnten abgerundeten Krystalle verwechseln darf.

§. 56. **Widerstand der Medien. Vulkanische Bomben.** — Auch der Widerstand der Medien, in welchen die Stoffe fest werden, führen auf runde, knotige, warzige u. s. w. und zuweilen auch auf haarförmige Gestalten. Auf solche Weise bilden die vulkanischen Stoffe, wenn sie über den Abhang der Berge hinabfließen, auf demselben eine Art Stalaktiten und gewundene, verdrehte Schlacken. Die weit in die Lüfte hinausgeschleuderten geschmolzenen Massen nehmen darin runde Formen an, die man vulkanische Bomben genannt hat; und wenn sie im vollkommen flüssigen Zustande sind, so theilen sie sich darin in eine Menge haarförmiger Fäden (das haarförmige Glas von der Insel Bourbon).

Einfache Nieren. — Die Substanzen, welche in Mitte weicher Stoffe in einen festen Zustand übergehen, verdanken dem Widerstand der letztern auch nierenförmige Bildungen, die auf ihrer Oberfläche glatt sind, wenn die Substanz nicht krystallisirt, und mit Krystallen besäet sind, wenn sie diese Eigenschaft besitzt. Der erstere Fall läßt sich z. B. bei dem Feuerstein der Kreide bemerken; der zweite in vielen verschiedenen Stoffen, z. B. bei den §. 54 erwähnten kugelförmigen Gruppen.

Geoden. — Manchmal sind die Feuersteinnieren, wie auch mehrere andere Stoffe in ihrem Innern hohl, in welchem Falle man sie Geoden nennt. Die Höhlung ist ziemlich häufig mit Krystallen oder mit Stalaktiten ausgekleidet oder von einer pulverförmigen Masse ausgefüllt, welche, wenn sie vertrocknet, nicht selten eine Zusammenziehung erleidet, wodurch sie sich von den Wandungen der Höhlung absondert

und nun beweglich wird: dies hat man namentlich bei gewissen Eisenerzen bemerkt, deren Nieren Adlersteine genannt worden sind.

§. 57. **Haarförmige Bildungen.** — Wenn die Krystalle durch eine bedeutende Verlängerung haarförmig werden können, so bilden sich unregelmäßige Fädchen, die aber nur zufällig sind. So findet man Metallfädchen in den Zellen gewisser Schlacken, die unsere Hüttenwerke liefern und deren Vorhandensein man sich leicht erklären kann. Diese Schlacken sind glasartige Stoffe, welche, da sie schneller in den Zustand von Festigkeit übergehen, als die von ihnen eingeschlossenen flüssigen Metallkügelchen und alsdann an Volumen abnehmen, auf das Metall einen starken Druck ausüben und es in die benachbarten leeren Zellen durch die Poren hindurch einzudringen nöthigen, welche sich bildeten, und durch welche es zu Fäden wird. Auf eine solche Weise haben sich wahrscheinlich die Silber- und Kupfersilberglanzfasern u. s. w. gebildet, die man im Schooße der Erde findet.

Etwas Aehnliches bildet sich auch auf nassem Wege. Wenn sich nämlich eine Auflösung in einem porösen Gefäß eingeschlossen findet, so bildet sich alsbald auf der äußern Oberfläche eine Menge kleiner Fasern von dem aufgelösten Stoff. Es ist nun leicht begreiflich, daß durch jede Pore ein Flüssigkeitströpfchen gelangt, welches, indem es verdampft, von der Substanz ein kleines Theichen absetzt; ein anderes Tröpfchen setzt unter das erste Molekül ein neues ab, das nun vorwärts gestoßen wird u. s. w.; auf diese Weise bildet sich nun in kurzer Zeit ein mehr oder weniger langes Fädchen. Man findet, daß dieses Fädchen an seinem unteren Theil wächst, wobei es sein Ende in dem Momente färbt, wo es zu erscheinen beginnt. Das Steinsalz, der Gyps, der Kalkstein u. s. w. bieten uns Fasern dar, die auf diese Weise gebildet sein müssen.

§. 58. **Formen durch Zusammenbacken.** — Wenn eine Flüssigkeit, welche Stoffe in sich aufgelöst enthält, durch Ablagerungen von lockern Substanzen hindurchdringt oder darin verweilt, so versetzt sie einen mehr oder weniger großen Theil derselben in einen festen Zustand unter stalaktitischen und nierenförmigen Gestalten oder selbst unter Krystallformen, die der Substanz angehören, welche sie einschließt. Das schönste Beispiel dieser Art bietet uns der Sand dar, welcher einen Bestandtheil des Sandsteines von Fontainebleau oder von den Umgebungen von Avt in der Provence ausmacht. Wenn kohlensaure, kalkhaltige Gewässer in diesen Sand sickern, so backen sie ihn auf verschiedene Art zusammen, häufig unter der Form spitzer Rhomboeder (Fig. 331). Daß genannte Form dem kohlensauren Kalk zugeschrieben werden muß, wird dadurch bewiesen, daß durch die Salpetersaure der ganze Kalkgehalt weggenommen wird und der Sand alsdann seine Pulverform wieder annimmt. Ebenso werden viele andere Stoffe, z. B. eisenhaltige Thone, Eisenoxyde, gewisse grüne Substanzen, die man Chlorite nennt, oft in die Krystallisation verschiedener Substanzen, welche sich in ihnen gebildet haben, mit hineingezogen; alsdann herrscht aber gewöhnlich die krystallisirende Substanz vor, während im vorigen Beispiel der Kalkgehalt zuweilen keine zwanzig Procent beträgt.

331.

§. 59. **Formen durch Inkrustation.** — Die Wasser, welche Stoffe in sich aufgelöst enthalten, setzen dieselben öfters auf Pflanzen, Thieren und Steinen ab, welche sich auf ihrem Wege finden und überkleiden sie mit einer mehr oder weniger dicken Steinschichte, welche die äußere Form derselben im Groben beibehält. Dies geschieht häufig durch die Wasser, welche aus Kalkgebirgen kommen und kohlensauren Kalk enthalten. Mehrere Quellen von Frank-

reich und andern Gegenden, die sich in der Nähe von Straßen finden, sind durch diese Wirkungen besonders berühmt geworden. In diese Quellen legen die Bauern Vogelnester, kleine Körbe mit Früchten u. s. w., die sich sehr schnell inkrustiren und nachher von ihnen unter der sehr uneigentlichen Benennung von Versteinerungen verkauft werden. Auf eine noch andere Weise benützt man diese inkrustirenden Wasser in den Bädern von St. Philipp in Toscana, indem man sie über sorgfältig ausgeführte Abgüsse oder Abdrücke sprudeln läßt. Der Kalk, der hier sehr rein und weiß ist, setzt sich darauf ab, behält genau die Form des Abgusses bei und stellt sehr deutliche Basreliefs von ächtem Marmor dar.

Man findet häufig auch rein krystallinische Inkrustationen. Dies sind symmetrisch auf der Oberfläche anderer krystallisirter Körper liegende kleine Krystalle, welche diese Körper ganz bedecken. Oft finden sich die Substanzen, welche gleichsam als Träger gedient haben zufällig weggenommen, und es bleiben nur noch hohle, durch die Substanz, welche sie inkrustirt hat, gebildete Gerippe übrig.

§. 60. **Formen, durch Abdruck entstanden.** — In sehr vielen Fällen sind die Formen, welche die unbelebten Körper darstellen, das Resultat eines Abdruckes in schon zuvor bestehenden Höhlungen. An dem einen Orte sind es Höhlungen, erzeugt durch die Zerstörung gewisser Krystalle und nachher ausgefüllt von fremden Substanzen, welche alsdann die regelmäßige Form anderer Mineralien darbieten; an einem andern Orte sind es runde, entweder ganz oder nur theilweise von dem einen oder andern Stoff ausgefüllte Zellen, welche noch die Nieren-, die Mandelformen u. s. w. darstellen; wiederum wo anders sind es die Höhlungen verschiedener, im Busen der Erde vergrabener Organismen, z. B. einschaliger Muscheln (Fig. 332 bis 334), oder

zweischalige (Fig. 335), oder Echiniden (Fig. 336 u. s. w.).

332. 333.

334. 335. 336.

§. 61. Es gibt auch Formen, welche aus der Substitution einer Substanz für eine andere durch eine chemische Operation hervorgeht. Gewisse Thatsachen nun des gemeinen technischen Lebens, sowie der chemischen Laboratorien, lassen uns diejenigen wahrnehmen, welche uns die Natur darbietet, obgleich oft hier das wahre Princip uns verborgen bleibt. So sind z. B. die Silbermünzen, die eine geraume Zeit in Abtrittgruben gelegen sind, in Schwefelsilber verwandelt worden, ohne ihre Form verloren zu haben; ein Krystall von kohlensaurem oder salzsaurem Blei, der lang genug einer Atmosphäre von Schwefelwasserstoffgas ausgesetzt war, findet sich in Schwefelblei (Bleiglanz) verwandelt, welches die ursprüngliche Form beibehält; ein Krystall von schwefelsaurem Kali, welchen man in Kreide legt, die in einem nicht sehr feuchten Zustand erhalten wird, verwandelt sich in schwefelsauren Kalk.

Etwas ganz Aehnliches geht in der Natur vor sich: Krystalle von kohlensaurem, schwefelsaurem und phosphorsaurem Blei werden ohne Formverlust in ein

Schwefelmetall (Sulfur), ferner Kryſtalle von Kupferoxyd in ein kohlenſaures Salz mit grüner Farbe, Kryſtalle von kohlenſaurem und ſchwefelſaurem Kalk in Kieſelſäure umgewandelt u. ſ. w.; daher zeigen auch ſehr viele Mineralkörper Formen, die ihnen nicht eigenthümlich ſind.

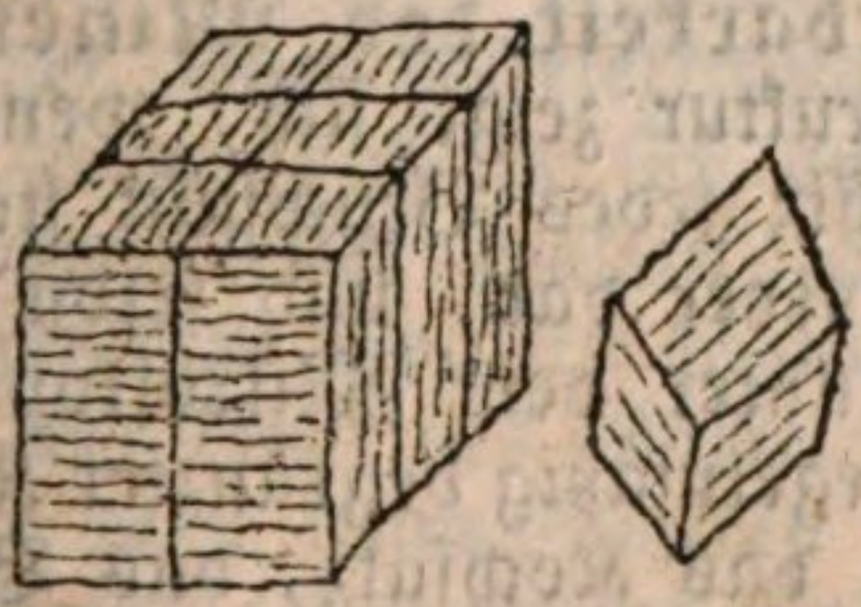
Eigentliche Verſteinerungen. — Durch ähnliche Subſtitutionen ſind ohne Zweifel auch die Muſchelſchalen und Madreporen, die von kalkiger Beſchaffenheit ſind, ferner gewiſſe weiche Thiere, Stücke verſchiedener Holzarten im Schoße der Erde in Kieſelerde verwandelt worden. In genannten Fällen zeigt der Stoff nicht allein die Form des Körpers, ſondern auch ſein ganzes inneres Gewebe, bis auf ſeine zarteſten Theile hinaus, ſo daß z. B. die Hölzer ihre ganze Holzſtruktur beibehielten und bei oberflächlicher Betrachtung für natürliches Holz gehalten werden könnten: dies iſt's nun, was die wahre Verſteinerung von den inkruſtirten und den gleichſam abgedrückten oder abgegoſſenen Subſtanzen unterſcheidet, denen man uneigentlich dieſen Namen gibt (§. 59).

§. 62. Formen durch Zuſammenziehung. — Es findet ſich wohl Niemand, der noch nicht die teigigen Subſtanzen, wenn ſie vertrocknen, ſich zerreißen, und nach allen Richtungen ſich ſpalten geſehen hätte. Dies rührt nun von der Zuſammenziehung der Theilchen her, welche in dem Maße ſtattfindet, als Waſſer entweicht. Sehr viele dem Feuer ausgeſetzte Subſtanzen zeigen das gleiche Reſultat; etwas Aehnliches beobachtet man auch beim Erkalten ſolcher geſchmolzener Subſtanzen, die ſchlechte Wärmenleiter ſind.

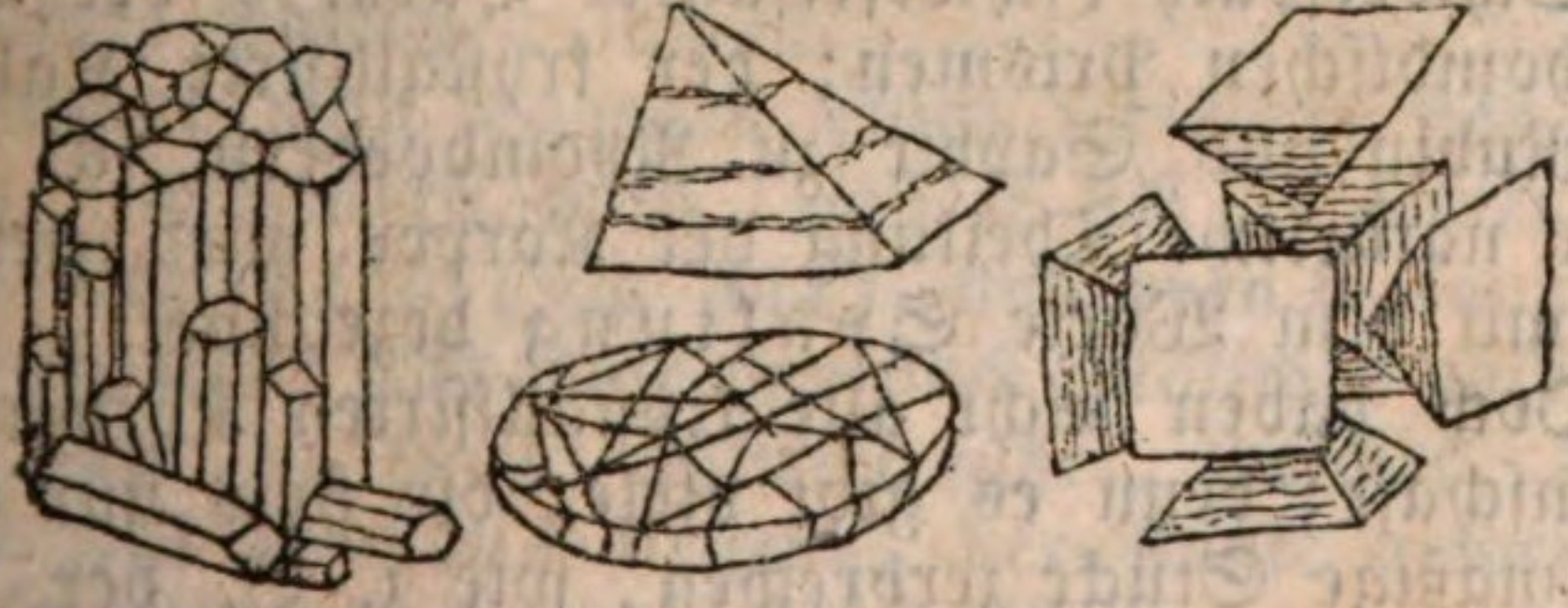
Man findet viele Beiſpiele von ähnlichen Phänomenen unter den natürlichen Subſtanzen, welche ſich manchmal in großem Maßſtabe (ſiehe den Baſalt in der Geologie) in polyedriſche Theile von verſchiedenen Formen geſpalten haben: unter dieſen Theilen

gibt es eine Art gerader und schiefer Parallelipipeden (Fig. 337, 338); ferner dreiseitige, fünfseitige, sechsseitige u. s. w. Prismen, (Fig. 339); dreiseitige, vierseitige u. s. w. Pyramiden (Fig. 340), die sich manchmal in einem Mittelpunkt vereinigen, wo das Zusammenziehen statt gefunden zu haben scheint (Fig. 341).

337. 338.



339. 340. 341.



342.

Die in erdigen Nieren vor sich gegangenen Zusammenziehungen haben die sogenannten Ludus helmontii (Fig. 342) hervorgebracht. Die durch die Spalten bewirkten Räume finden sich alsdann durch mehr oder weniger harte fremdartige Substanzen erfüllt, die oft einen Vorsprung in Folge der Zerstörung oder Abnützung der Grundmasse macht. Wo anders ist die ursprüngliche Substanz weggenommen worden, und bleibt diejenige, welche sich in den Spalten abgesetzt hatte, allein zurück, wobei sie alsdann eine zellige Masse, gleich einer Bienenwabe, bildet.

Struktur der unbelebten Körper.

§. 63. **Regelmäßige Struktur.** — Wie es zwei Arten von Formen gibt, so sind auch zwei Strukturarten vorhanden: nämlich eine regelmäßige polyedrische Struktur und eine unregelmäßige oder zufällige Struktur.

Die Spaltbarkeit der Mineralien. — Die regelmäßige Struktur zeigt sich, wenn man gewisse Krystalle zerbricht; jedes Bruchstück stellt alsdann einen kleinen Polyeder dar, und selbst der Staub dieser Körper ist, unter dem Mikroskop betrachtet, ein Haufen kleiner regelmäßig begränzter Körperchen. So zerbrechen z. B. das Kochsalz, das Bleierz in kleine Würfel; der Flußspath, der Diamant zu Octaedern; der Schwerspath (schwefelsaurer Baryt), der Topas zu rhombischen Prismen; der krystallisirte Kalkstein, der Rubin und Saphir zu Rhomboedern, u. s. w. Diese natürliche Theilung der Körper wird gewöhnlich mit dem Worte Spaltung bezeichnet.

Doch haben nicht alle krystallisirten Körper diese Eigenschaft; denn es gibt viele, die stets nur in unregelmäßige Stücke zerbrechen, wie z. B. der Bergkrystall, der Granat, Smaragd, u. s. w. In andern finden sich nur zwei Spaltungsrichtungen, oft nur eine; daher entsteht hier durch das Spalten kein bestimmter Körper. Oft sprechen sich die Spalten auch nur durch ein Schillern aus, das man im Innern des Krystalls bemerkt.

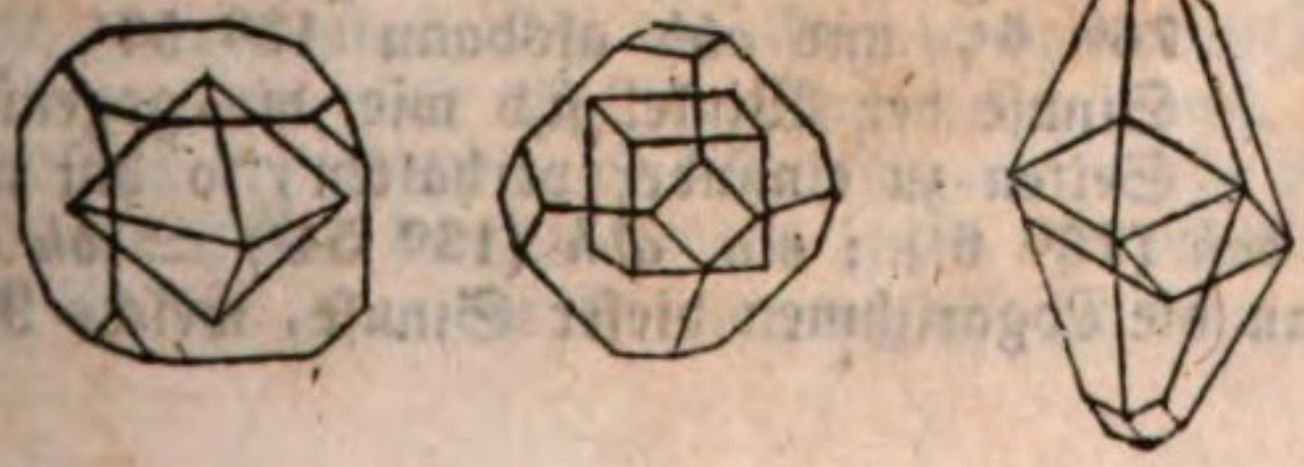
Die Beobachtung der Spaltbarkeit ist äußerst nützlich zur Unterscheidung der verschiedenen Körper, die zu einem gleichen Krystallsystem gehören; daher wird man den sonst noch sehr gut charakterisirten Diamant nicht mit dem Kochsalz verwechseln, obgleich er in demselben System krystallisirt. Aus einem noch triftigeren Grunde wird man die Stoffe verschiedener

Systeme von einander unterscheiden, wenn die äußern Formen durch irgend einen Umstand entweder versteckt oder zerstört sein werden.

Grundform oder Kernform. — Wir können nicht umhin, hier auch eine besondere Art von Spaltung anzuführen, welche Hauy zu der Annahme einer Kernform in den verschiedenen Krystallen veranlaßt hat, die ein und derselbe Krystall darstellen kann. Wenn man z. B. einen Würfelkrystall vom Flußspath hat, so findet man, daß er sich auf jedem der acht Ecken mit einem Messer spalten läßt, so daß man durch ein fortgesetztes Spalten endlich einen Octaeder erhält, der in der Mitte des Würfels zu liegen scheint. Die Theile, die man beim Spalten an jeder der acht Würfelecken allmählig wegnimmt, sind zuerst eine kleine Pyramide, auf die dann lauter unter sich parallele dreiseitige Plättchen folgen.

Nimmt man dagegen einen Octaeder von Bleiglanz, so bemerkt man, daß er sich an seinen sechs Ecken spalten läßt (Fig. 344), und eben so kann man auch an jeder Ecke nach und nach Plättchen abspalten, was bald zu einem Würfel führt, welcher, in der Mitte des Krystalls liegend, der Punkt gewesen zu sein scheint, von dem die Krystallisation des Octaeders ausging. Eben so stellen die Scalenoeder von kohlensaurem Kalk (Kalkspath) an ihrer Spitze drei Spaltungsrichtungen dar (Fig. 345), und spaltet man in diesen drei Richtungen Plättchen ab, so erhält man endlich einen Rhomboeder, welcher der Krystallisation zur Grundlage gedient zu haben scheint. Aehnliche Erscheinungen zeigen alle spaltbaren Krystalle.

343. 344. 345.



Hypothese über die Verkleinerung der Krystalle. — Nach solchen Beobachtungen vermochte Hauy in jeder Substanz eine Urform oder einen Kern zu entdecken und das Vorhandensein der andern Formen, welche er abgeleitete oder sekundäre Gestalten nannte, durch Anlegen von immer kleiner werdenden verschiedenartigen Blättern an die erstere, gerade wie die Blätter, welche man nach und nach auf die eben erwähnte Art von einem Krystall wegnehmen kann.

Man sieht nun, daß die Wahl der Grundform oder Kernform, welche die ganze Krystallisation einer Substanz repräsentiren soll, §. 43, nicht willkürlich ist. Es ist klar, daß man im Allgemeinen den spaltbaren Körper in solchen Substanzen nehmen wird, welche diese Eigenschaft besitzen; was die Körper betrifft, die sich nicht spalten lassen, so wird man diejenige Form wählen müssen, die bei den Krystallen vorherrschend ist. Man wird also z. B. beim Alaun das regelmäßige Octaeder wählen, welches so zu sagen der allgemeine Ausdruck in der Krystallisation dieser Substanz ist, während man aus einem gleichen Grund das Rautendodecaeder für den Granat ꝛc. wählen wird.

Dimensionen der Grundform. Ist die Grundform einmal gewählt, so muß man auch die Art derselben bestimmen, wenn sie nicht den regelmäßigen Körpern angehört. Diese Bestimmung beruht auf den Beziehungen der Stellung, welche die verschiedenen gleichartigen Flächen unter sich in der nämlichen Substanz haben können. So machen z. B. beim Idokras, der dem quadratischen Prisma angehört, die Flächen, durch welche die oberen Kanten verändert werden, successive mit der Grundfläche Winkel von 166° 6′, 142° 48′, 124° 30′ ꝛc. Im Zinnstein (Zinnoxyd), der im gleichen System krystallisirt, zeigen die analogen Flächen Winkel von 150° 34′, 136° 30′, 97° 40′, die sehr verschieden von den ersteren sind.

346.

Es sei nun *abcdef* (Fig 346) der Längenschnitt des an den Kanten der Grundflächen veränderten quadratischen Prisma's, so wird *ab* eine der Abänderungsflächen sein, deren Neigungen gegen die Grundfläche *af* wir vorhin angegeben haben. Ziehen wir nun die Vertikale *ah* und die Horizontale *bh*, so werden wir ein Dreieck bekommen, dessen Winkel in *a* die gegebene Neigung weniger 90° als Maß haben wird. Für den ersten Fall ist der Winkel *bah* gleich 76° 6′, und *abh* alsdann 13° 54′. Da nun die Sinuse der Winkel sich wie die gegenüberliegenden Seiten zu einander verhalten, so hat man

Sin. *bah* (76° 6′) : sin. *abh* (13° 54′) = *bh* : *ah*.

Wenn man die Logarithmen dieser Sinuse, welche 9,987092 und

9,380624 sind, hierauf die entsprechenden Zahlen sucht, die man als 9707 und 2402 findet, so wird man das numerische Verhältniß von *bh* : *ah* erhalten; d. h. man wird haben *bh* : *ah* = 9707 : 2402, oder vereinfacht, nahezu *bh* : *ah* = 12 : 3.

Die zweite gegebene Neigung, vermindert um 90°, gibt für *bah* 52° 48′, und für *abh* 37° 12′, woraus *bh* : *ah* = 7965 : 6046 = 4 : 3.

Die dritte Neigung gibt *bh* : *ah* = 5664 : 8241 = 4 : 6.

Die Abänderungsflächen sind nun offenbar ebensogut durch diese Beziehungen der Linien als durch die Winkel, und zwar auf eine Weise bestimmt, die sich zur Vergleichung besser eignet.

Man sieht nun, daß die Längen *bh* und *ah*, die sich zu einander verhalten wie 12 : 3, 4 : 3, 4 : 6, auch in Zahlenverhältnissen zu einander stehen, und daß, wenn man von einem dieser Verhältnisse, z. B. von dem Verhältniß 4 : 3 ausgeht, sich auch die andern vereinfachen werden. Man kann 4 : 3 als das Verhältniß der Basis zur Höhe des prismatischen Molekülś betrachten und dann sagen, daß die Fläche, deren Neigung zur Basis 142° 46′ beträgt, durch 1 Molekül als Breite und 1 Molekül als Höhe bestimmt ist; daß ferner die Fläche, welche gegen die Basis eine Neigung von 166° 6′ macht, durch 4 Moleküle als Breite und 1 Molekül als Höhe bestimmt ist, und daß die Fläche, welche mit der Basis 124° 30′ macht, durch 1 Molekül Breite und 2 Moleküle Höhe bestimmt ist.

Das Verhältniß 4 : 3, das zwischen der Basis und der Höhe des Molekülś herrscht, charakterisirt also das quadratische Prisma des Idokras.

Nehmen wir die für den Zinnstein angegebenen Neigungen, so werden wir für die verschiedenen Verhältnisse von *bh* : *ah* folgende Ausdrücke finden:

bh : *ah* = 9430 : 3327 =	11 ×	43 :	4 × 41
bh : *ah* = 7253 : 6883 =		43 :	41
bh : *ah* = 1334 : 9910 =		43 :	8 × 41

Das Zinnsteinprisma würde also charakterisirt und von dem ersteren unterschieden sein durch das Verhältniß 43 : 41, welches das der Basis zur Höhe wäre.

Mit diesen Bemerkungen werden wir uns begnügen, mit welchen man kurz zeigen wollte, wie man es anzugehen habe, um die Dimensionen der übrigen Formen zu bestimmen.

Zeichen für die abgeleiteten Formen. Man sieht, wie man eine Form erhalten kann, die wirklich die ganze Krystallisation einer Substanz repräsentirt. Um aber einen vollständigen Begriff von dieser Krystallisation zu geben, muß man noch die Gesetze bezeichnen, nach welchen sich die verschiedenen Abänderungsflächen ordnen, und aus welchen alle abgeleitete oder sekundäre Formen hervorgehen. Zu diesem Endzwecke braucht man bloß die Beziehungen der Linien anzugeben, durch die man diese Flächen bestimmen kann. Da man z. B. für den Idokras ein quadratisches Prisma aufgestellt hat, dessen Grundfläche sich zur Höhe verhält wie 4 zu 3, so wird man noch hinzufügen, daß für die eine der Abänderungsflächen die Linien *ah*

und $ab = 1$ Molekül Höhe und 1 Breite, für eine andere 1 Höhe und 4 Breite, für eine dritte 2 Höhe und 1 Breite ꝛc. sei.

Indessen kann man sich leichter durch Zeichen ausdrücken, indem man jeden Theil der Grundform durch einen besondern Buchstaben bezeichnet, wie in Fig 347, und das Verhältniß als Exponent über den Buchstaben setzt. So würden wir z B. im vorhergehenden Fall die verschiedenen Flächen, die sich an den Kanten B bilden, durch die Zeichen $B^{1/4}$, $B^{1/1}$, $B^{2/1}$ ꝛc. anzeigen, wo der Nenner immer die Höhe ausdrückt Ist der Nenner eine Einheit, so kann man ihn auch weglassen und einfacher $B^{1/4}$, B^{1}, B^{2} ꝛc. schreiben. Auf eine ähnliche Weise würde man die Abänderungen an den übrigen Kanten und Ecken anzeigen können.

347.

Für den Zinnstein, bei welchem sich die Basis zur Höhe wie 43 zu 41 verhält, würde man als Ausdruck der verschiedenen Abänderungsgesetze an den Kanten der Grundflächen $B^{1/11}$, B^{1}, B^{8} ꝛc. haben. Es ist aus dieser Benennung leicht ersichtlich, daß die Gesetze, von welchen die Abänderungen der einen Substanz abhängen, nicht diejenigen sind, welche die Abänderungen der andern beherrschen.

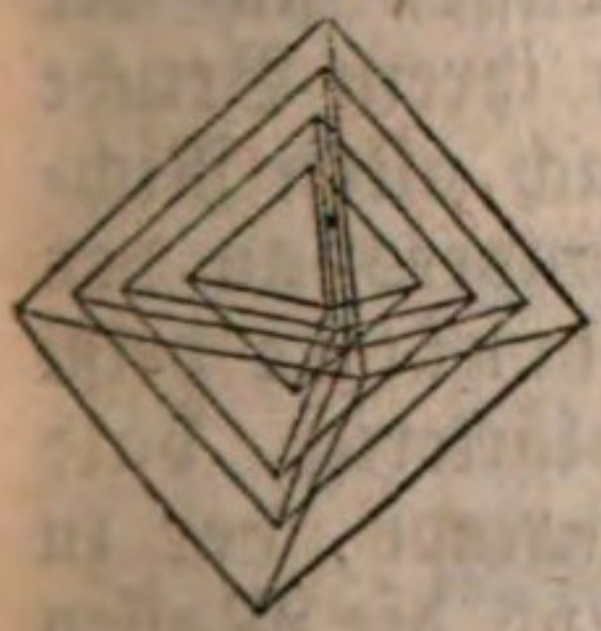
Man begreift nun, daß man nach einer solchen Feststellung der Abänderungsgesetze, welche man in einer Substanz erkennt, sich theoretisch sämmtliche dazwischen liegende denken und zum Voraus die Neigungen der Flächen berechnen kann, die sich möglicher Weise auffinden lassen.

Struktur bei den Krystallgruppen. — Außer der Spaltung muß man bei den Krystallen noch eine andere Form von Struktur zulassen, die von einer regelmäßigen Zusammenfügung kleiner Krystalle herrührt. So kann z. B. in den §. 48 angegebenen Krystallgruppen einerseits die Spaltbarkeit in jedem der eine solche Gruppe bildenden einzelnen Krystalle und anderseits eine besondere Struktur bestehen, welche sowohl aus ihren Formen als der Art und Weise hervorgeht, wie sie sich zur Bildung eines regelmäßigen Ganzen mit einander vereinigt haben. Diese letztere mit dem bloßen Auge oft nicht wahrnehmbare Struktur spricht sich in den optischen Erscheinungen aus, von denen wir später reden werden.

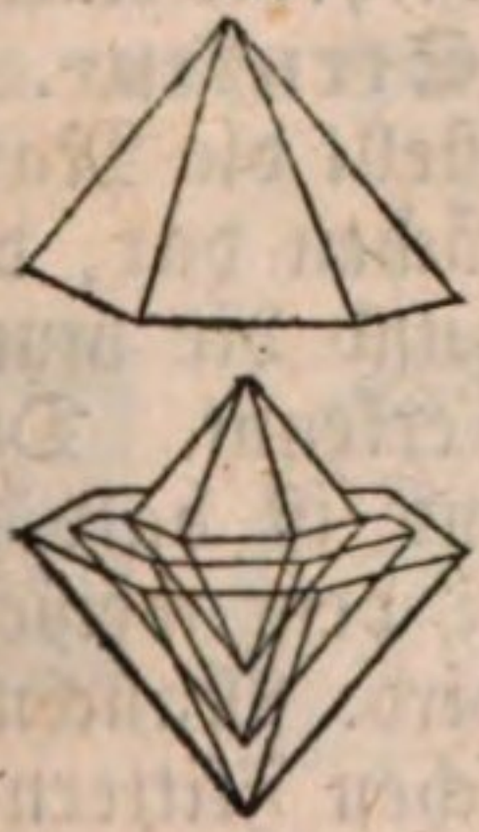
Struktur, die sich aus der Vergrößerung (Wachsen) der Mineralien ergibt. — Es war schon

früher davon die Rede, daß die Krystalle oft nach ihrer ersten Bildung sich vergrößern (§. 2), geschehe dies nun entweder mit Beibehalten ihrer Urform (Fig. 348 und 349) oder mit allmähliger Veränderung derselben, wie Fig. 350, wo man zuerst ein Octaeder sieht, sodann einen Würfel, endlich ein Dodecaeder, welches selbst wieder in einen Würfel eingeschlossen ist. Erscheinungen dieser Art finden wir ziemlich häufig in der Natur und beobachten ähnliche in unsern Laboratorien. Die Vergrößerungen ohne Formveränderung bezwecken wir durch beständige Beibehaltung einer gleichen Beschaffenheit der Salzauflösung, dagegen die andern, wenn wir die Natur der Flüssigkeit variiren lassen, in welcher die Krystallisation stattfindet.

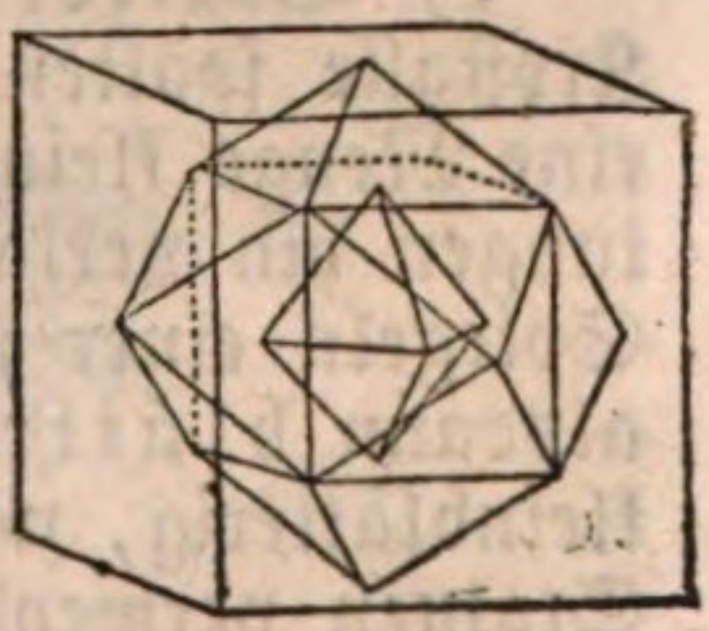
348.



349.



350.



Diese bei der Vergrößerung der Krystalle obwaltenden Umstände veranlassen im Innern der Krystalle eigenthümliche und oft sehr complicirte Strukturen. Es ist manchmal der Fall, daß die verschiedenen Zuwüchse auseinander fallen können, wie Fig. 349, wenn die Masse zerbrochen ist; dies sieht man z. B. beim Quarz (Bergkrystall), Flußspath ꝛc., und kann man mit ein wenig Vorsicht beim Alaun erhalten, wenn man die Oberfläche der Krystalle mit einem fetten Körper in den verschiedenen Wachsthumsperioden ganz leicht reibt. Auch geschieht es häufig, daß die verschiedenen Schichten in einer gewissen Entfernung von ein-

Bayerische Staatsbibliothek München

ander abstehen, was man gleichfalls beim Quarz wahrnimmt und was auch beim Salpeter, schwefelsauren Natron 2c. stattfindet, sobald die Auflösung dieser Salze sehr concentrirt ist und die Krystallisation schnell vor sich geht. Der Zwischenraum zwischen den Schichten findet sich alsdann von der Flüssigkeit ausgefüllt.

§. 64. **Unregelmäßige Struktur durch Anhäufung.** — Wenn die Krystalle, indem sie sich mit ihren gleichartigen Flächen zu Gruppen vereinigen, eine regelmäßige Struktur im Innern der Masse, welche sie zusammensetzen, hervorrufen, so verhält sich die Sache anders, wenn sie ohne Ordnung untereinander geworfen sind; denn alsdann kann die Masse, die sie bilden, nur eine unregelmäßige Struktur besitzen; indessen gibt es hier mehrere Unterschiede zu machen.

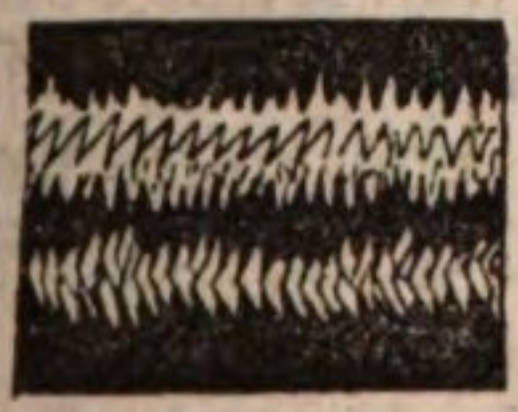
1) **Blätterige Struktur.** — Lassen sich die Krystalle spalten, so stellt die Masse in ihrem Bruche eine Menge kleiner Flächen dar, die nach allen Richtungen hin verlaufen und die man besonders an den Spiegeln einer jeden erkennt. Die Struktur heißt alsdann blättrig und ist bald großblätterig, bald kleinblätterig, wie bei dem weißen Marmor, der zu Statuen verwendet wird. Manchmal sind die Massen aus kleinen krystallinischen Flittern gebildet, die unter sich nur einen geringen Zusammenhang zeigen und oft an den Fingern hängen bleiben, wenn man sie berührt. Man bemerkt dies an dem schneeförmigen, schwefelsauren Kalk (Gypsstein), an gewissen Eisenerzen (Eisenglanz), an gewissen Substanzen, die man Chlorite 2c. genannt hat.

2) **Körnige Struktur.** — Wenn die gleichsam durch Zufall vereinigten Krystalle keine Spaltung zulassen, so zeigt die Masse eine körnige Struktur, die grob- oder feinkörnig sein kann. Aber man muß bemerken, daß die Körner bald wahre Krystalle darstellen, die durch ihren gegenseitigen Druck umgestaltet

wurden, bald zusammengebackene Sandkörner und Gerölle sind, woraus dann folgt, daß es eine krystallinische, eine körnige und eine sandige Struktur gibt; diese letztere findet man bei den verschiedenen Sandsteinarten.

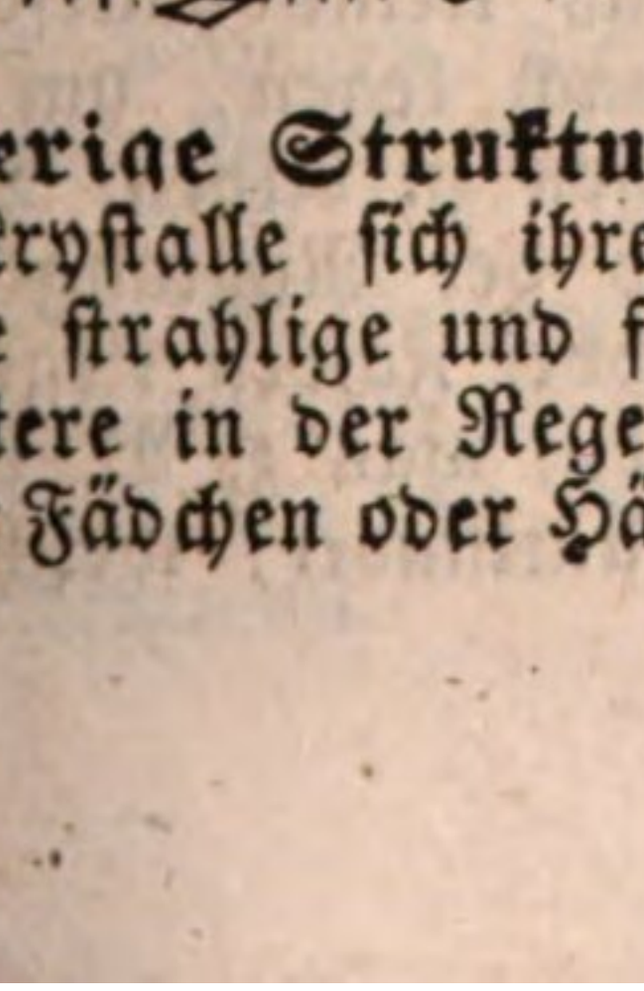
3) **Dendritische Struktur.** — Häufig setzen die Krystalle bei den verworrenen Zusammenhäufungen untereinander gemischte dendritische Gruppen zusammen; diese Gruppen lassen sich mehr oder weniger in der Masse erkennen, die alsdann eine dendritische Struktur darbietet. Man hat durch gewisse Beiwörter verschiedene Varietäten unterschieden, die von der Bildung der Dendriten herrühren, wie z. B. durch die Beiwörter gestrickt, handförmig, netzförmig ꝛc. (Fig. 351 bis 354). Der Bleiglanz, der Wismuth, der graue Kobalt, der Glimmer ꝛc. sind schöne Beispiele von dieser Struktur.

351.

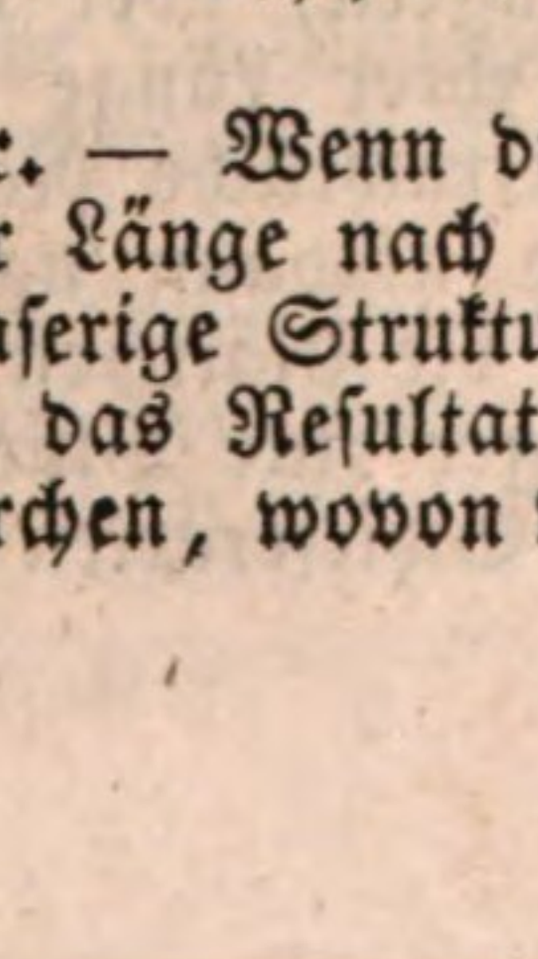


352.

353.



354.



4) **Faserige Struktur.** — Wenn die dünnen, länglichen Krystalle sich ihrer Länge nach gruppiren, so bilden sie strahlige und faserige Strukturen; doch ist diese letztere in der Regel das Resultat der Bildung kleiner Fädchen oder Härchen, wovon wir bereits

§. 57 gesprochen haben. Die Stoffe, welche sie darstellen, finden sich alsdann in den Spalten zu großen Massen vereinigter Substanzen; die Fasern, die alle unter sich parallel sind, stehen senkrecht zu der Wandung, von der sie ausgehen, und vereinigen sich in der Mitte der Spalte, indem sie da, wo sie zusammentreffen, eine mehr oder weniger unregelmäßige Verbindungsfläche bilden.

Die strahligen oder haarförmigen Krystalle sind nicht selten divergirend. Dies zeigen oft die kugeligen oder warzigen Gestalten, wo Alles nach einem Mittelpunkt hinläuft, und die Stalaktiten, wo alle Krystalle gegen die Axe gerichtet sind. Die haarförmigen Fasern sind manchmal auch in einander geflochten und auf jede mögliche Art gewunden, was man namentlich bei den korallenförmigen Massen findet.

Asbest, Amiant. — Bemerken wir noch, daß die haarförmigen Fasern zuweilen nur wenig Zusammenhang unter sich haben und sich leicht von einander ablösen. In diesem Falle bilden sie häufig geschmeidige, biegsame, seidenartige, filzige oder auch flockenartige Massen. Solche Massen sind z. B. die Stoffe, welche man mit den Namen Asbest und Amiant bezeichnet hat; man muß aber nicht glauben, daß es immer eine und dieselbe Substanz sei, denn eine große Anzahl verschiedener steinartiger, glasartiger und metallischer Stoffe zeigen dieselben Eigenschaften.

5) **Schiefrige Struktur.** — Es ist häufig der Fall, daß Krystalle in dünnen Blättchen oder Flittern von glimmerartigen Substanzen sich platt über einander ablagern, oder daß kleine haarförmige Krystalle sich ihrer Länge nach legen, um mehr oder weniger beträchtliche Massen zu bilden. Diese Massen theilen sich alsdann nach der Richtung der Ebene, in welcher die Plättchen oder Fasern liegen, in mehr oder weniger dicke Blätter, was z. B. bei den verschiedenen Schieferarten stattfindet, welche nur Ver-

einigungen von platt gelegenen kleinen Blättchen oder Flittern sind, oder bei verschiedenen Sandstein- und Thonarten, welche dünne Schichten von ähnlichen Flitterchen einschließen. Man hat diese Struktur, die sich in Platten spalten läßt, schiefrige Struktur, und die Substanzen, welche sie besonders darbieten, Schiefer genannt.

Dichte Struktur. — Dicht nennt man solche Substanzen, in welchen man mit bloßem Auge keine der Strukturarten wahrnimmt, wie z. B. der Bergkrystall, das Glas 2c. Man muß übrigens bemerken, daß öfters die dichte Struktur von einer außerordentlichen Verkleinerung der Krystalle, Körner und Faser herrührt, welche sich zusammengehäuft haben; man findet alsdann Uebergänge in die blätterigen, körnigen 2c. Varietäten; in vielen Fällen aber erkennt man in der dichten Masse keinen deutlichen Theil, selbst nicht unter dem Mikroskope (Glas, Bergkrystall). Sonst gehen auch die dichten Substanzen in erdige oder gallertartige Varietäten über, ein Umstand, welcher von den zwei vorhergehenden unterschieden werden zu müssen scheint.

7) Struktur durch Vergrößern. — Das Größerwerden spricht sich nicht allein bei den Krystallen aus, wo es eine regelmäßige polyedrische Struktur erzeugt, sondern auch bei den Erbsensteinen (Pisolithen), den nichtkrystallinischen Nierengestalten 2c. zeigt es sich, wo es eine sphäroidische Struktur bestimmt; ferner bei den Stalaktiten, wo die Struktur cylindrisch oder kegelförmig ist; bei den Stalagmiten und den Ablagerungen, welche die Gewässer hie und da bilden, wo sie sich auf verschiedene Arten wellenförmig zeigt.

Diese vom Größerwerden herrührende Struktur spricht sich oft unabhängig von den blätterigen, faserigen 2c. Strukturen aus, die man oft zugleich in den Körpern wahrnimmt.

8) **Struktur durch Zusammenziehung.** — Wenn die Zusammenziehung in den verschiedenen Mineralmassen Zertheilungen bewirkt, erzeugt sie dadurch sogar blätterige und faserige Strukturen; manchmal veranlaßt sie mehr oder weniger deutliche schiefrige Strukturen oder Theilungen in concentrische Schichten, die der vorhin genannten Strukturart, welche man bei den Nieren bemerkt, ähnlich sind.

9) **Struktur durch Abdruck.** — Finden sich die durch Zusammenziehung gebildeten Risse und Spalten durch fremdartige Substanzen erfüllt, so bringen sie in diesen letzteren, wenn die erstere weggenommen ist, nach jeder Richtung hin abgetheilte Strukturen und eine Menge mehr oder weniger regelmäßige Höhlungen hervor. Es läßt sich dies an gewissen Ludus (§. 62) bemerken, deren Ausfüllungssubstanz die Form von Bienenwaben zeigt, wenn der erdige Stoff, in welchen sie eingesickert ist, weggenommen wurde. Eine ähnliche Bemerkung macht man auch an gewissen Quarzvarietäten, welche man zerhackten Quarz (Quarz haché) genannt hat, und noch in ziemlich vielen andern Substanzen.

10) **Zellige, poröse ꝛc. Struktur** — Die gasförmigen Stoffe, welche die geschmolzenen Massen, oder solche, welche sich in einem teigartigen Zustand befinden, bilden darin bald runde, bald ausgezackte, durchlöcherte oder zerrissene Zellen, oder mehr oder weniger zahnreiche Poren. Diese Struktur findet man in den Schlacken und vulkanischen Erzeugnissen. Oft verlängern sich auch die Poren oder die Zellen in der Richtung der Bewegung, welche die geschmolzene Masse verfolgte, woraus eine Art faseriger Struktur hervorgeht, die man besonders bei gewissen Bimssteinvarietäten wahrnimmt.

Einige Kalksteinablagerungen sind von senkrechten Röhrchen durchlöchert, welche von den Gasen herzurühren scheinen, die durch die Zersetzung der organi-

schen Stoffe gebildet wurden, auf welchen diese Massen ruhen.

Auch bildet sich manchmal eine Art zelliger oder poröser Struktur in Folge der Zersetzung gewisser Krystalle oder kleiner Nieren, welche ihren Eindruck als hohle Räume in den Massen zurücklassen, wo sie eingeschlossen waren. Dies findet häufig durch die Zerstörung der Krystalle und Nieren des Schwefelkieses Statt.

11) **Organische Struktur.** — Es ist bereits gesagt worden, daß bei den eigentlichen Versteinerungen das ganze organische Gewebe sich deutlich erhalten findet. Es geht daher in den Substanzen eine Struktur hervor, welche den organischen Körpern angehört; solche Strukturen sind z. B. die der verschiedenen Holzarten der Madreporen, gewisser Weichthiere 2c.

Auch finden sich röhrige Strukturen, welche bald von röhrigen, organischen Ueberresten, bald von gewissen cylindrischen Körpern herrühren, welche nach ihrer Zerstörung ihre Eindrücke in den Substanzen zurückließen, in welchen sie eingeschlossen waren.

Endlich ist noch zu bemerken, daß die Kalksteine oft durch gewisse Mollusken durchbohrt sind und dann eine durchaus zufällige zellige Struktur darbieten. Dieser Umstand zeigt sich nicht allein in den Kalken, die unsere Meere begränzen, sondern auch noch in solchen, die sich im Innern der Länder finden, welche daher ehemals von den Gewässern des Oceans bespült worden sein mußten.

Von dem Bruch.

§. 65. Die Strukturen, welche wir so eben beschrieben haben, sind häufig unter dem Namen Bruch abgehandelt worden, weil diese sich in der That durch den Bruch ausspricht. Daher sagt man oft, ein Körper habe einen blättrigen, körnigen, fasrigen, dichten

u. s. w. Bruch; aber die dichte Struktur bietet uns in demselben einige Abänderungen dar, welche zu erwähnen nicht überflüssig scheint.

Konischer und muscheliger Bruch. — Schlägt man auf einen dichten Körper, der keine blättrige oder fasrige Struktur zeigt, so erzeugt der Schlag im Innern einen mehr oder weniger stumpfen Kegel; dies kann man an einer Kugel von Agat, Bergkrystall oder Glas sehen, welche man auf einen harten Körper fallen läßt. Ist der Schlag stark genng, so theilt sie sich in Bruchstücke, welche einen hohlen Eindruck einer kegelförmigen Warze zeigen, die dadurch bloß gelegt wird. Diese Eindrücke haben eine gewisse Aehnlichkeit mit einer zweischaligen Muschel und man sagt alsdann, der Bruch sei muschelig: er ist mehr oder minder tief, mehr oder minder platt, je nach der Art der Substanz, so daß diese dadurch von andern unterschieden werden kann.

Es gibt auch gewisse dichte Körper, welche in ihrem Bruch eine kleinere oder größere Anzahl von Splittern zeigen, in welche sie zu zerfallen drohen; Man sagt alsdann, daß der Bruch splittrig sei. auch dieser Umstand kann einige Unterscheidungen erleichtern. Endlich gibt es dichte Körper, deren Bruch glatt und eben ist: dies ist z. B. der Charakter der bessern Steine, welche in der Lithographie eine Anwendung finden können.

Optische Eigenschaften der Mineralien.

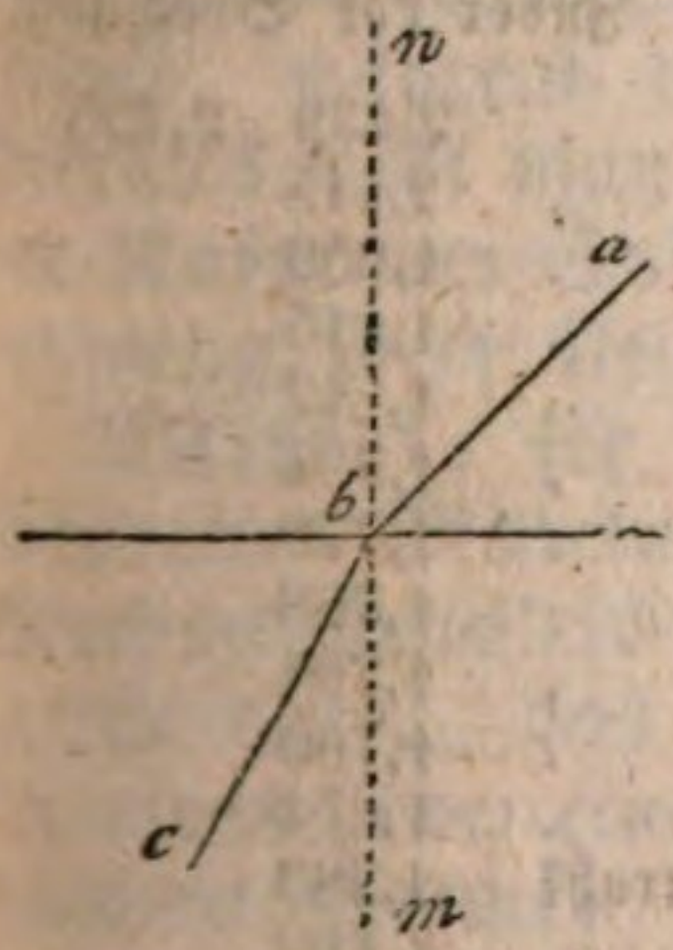
§. 66. Unter den optischen Eigenschaften der Mineralien sind die wichtigsten: die einfache und doppelte Strahlenbrechung, die Polarisation durch Reflexion, das Farbenspiel, das Opalisiren, die

eigenthümlichen und zufälligen Farben. Einige von diesen können von der Natur des Körpers abhängig sein, aber die größere Anzahl derselben rührt von der Anordnung ihrer kleinsten Theilchen her, und können häufig dazu dienen, sie zu entdecken, selbst in Fällen, wo diese für andere Arten der Untersuchung am verstecktesten ist.

Einfache Strahlenbrechung.

§. 67. So oft ein Lichtstrahl ab oder cb (Fig. 355) schief von einem Körper in einen andern übergeht, wird er von seiner Richtung abgelenkt und ist wie gebrochen (refractus) in der Verbindungsebene beider Mittel; daher kommt der Ausdruck Brechung, womit diese Erscheinung bezeichnet wird. Die Brechung ist einfach, wenn der Strahl in dem einen wie im andern Mittel einfach bleibt; sie ist doppelt, wenn sich der Strahl durch die Einwirkung des einen Körpers in zwei Theile spaltet.

355.



Einfalls- und Brechungswinkel nennt man diejenigen Winkel, welche der Strahl vor und nach der Brechung mit dem im Einfallspunkte errichteten Perpendikel mn macht. Die Beobachtung zeigt, daß die Sinus dieser Winkel bei zwei bestimmten Substanzen in einem constanten Verhältnisse stehen, und daß sie dagegen variiren, wenn an die Stelle der brechenden Substanz eine andere gesetzt wird. Zwischen der atmosphärischen Luft z. B., in die wir immer eingetaucht sind, und einer bestimmten Substanz findet ein constantes Verhältniß Statt, welches dagegen sich für jede andere Substanz ändert. Dieses constante

Verhältniß für jede Substanz heißt Index der Brechung.

Anwendung. — Die Beobachtung des Index der Brechung ist deßhalb für das Studium der Naturprodukte wichtig, weil man sich desselben bedienen kann, die einen von den andern genau zu unterscheiden, wenigstens wenn sie frei von jeder mechanischen Beimengung sind, welche die Strahlen ablenken könnte, und wenn sie in einem der Krystallisation vergleichbaren Zustand sich befinden. Man unterscheidet in der That durch dieses Mittel ohne Schwierigkeit folgende Substanzen.

Namen der Substanzen.		Index der Brechung.	
Diamant		2,439	2,755
Schwefel		2,115	
Zirkon		1,950	
Granat		1,815	
Spinell		1,812	
blauer Saphir		1,794	
orientalischer Rubin		1,779	
weißer Saphir		1,768	
Feldspath		1,764	
Cymophan (orientalischer Chrysolith)		1,760	
krystallisirter Kalkspath	ordentlicher Strahl	1,654	
	außerordentlicher Strahl	1,483	
Arragonit	der eine	1,693	
	der andere	1,535	
Schwerspath	der eine	1,635	
	der andere	1,620	
gelber Topas	der eine	1,640	
	der andere	1,632	
weißer Topas		1,610	
Quarz	ordentlicher	1,548	
	außerordentlicher	1,558	
Steinsalz		1,557	
Calcedon		1,553	
Gyps		1,525	
Opal		1,479	
Borax		1,475	
Alaun		1,457	
Flußspath		1,436	

Wir müssen darauf aufmerksam machen, daß die Farben, welche die Substanzen zufälliger Weise besitzen können, immer einigen Unterschied im Index der Brechung herbeiführen, und daß sie ihn in der Regel erhöhen. Man sieht in der That, daß der weiße Saphir zum Index 1,768 hat, der blaue Saphir 1,794, der orientalische Rubin, welcher dieselbe Beschaffenheit hat, 1,779; der weiße Topas hat zum Index 1,610, während der gelbe 1,632 hat.

Auch kann man die Bemerkung machen, was wir schon §. 45 besprochen haben, daß der Index der Brechung nicht derselbe ist, wenn die Substanz in zwei verschiedenen Systemen krystallisirt. So z. B. hat der rhomboedrische Kalkspath 1,654 und 1,483 zum Index, während der Arragonit 1,693 und 1,535 hat. Hieraus sieht man, daß die Brechung nicht allein von der Natur der Substanzen, sondern auch von der Anordnung ihrer kleinsten Theilchen abhängig ist.

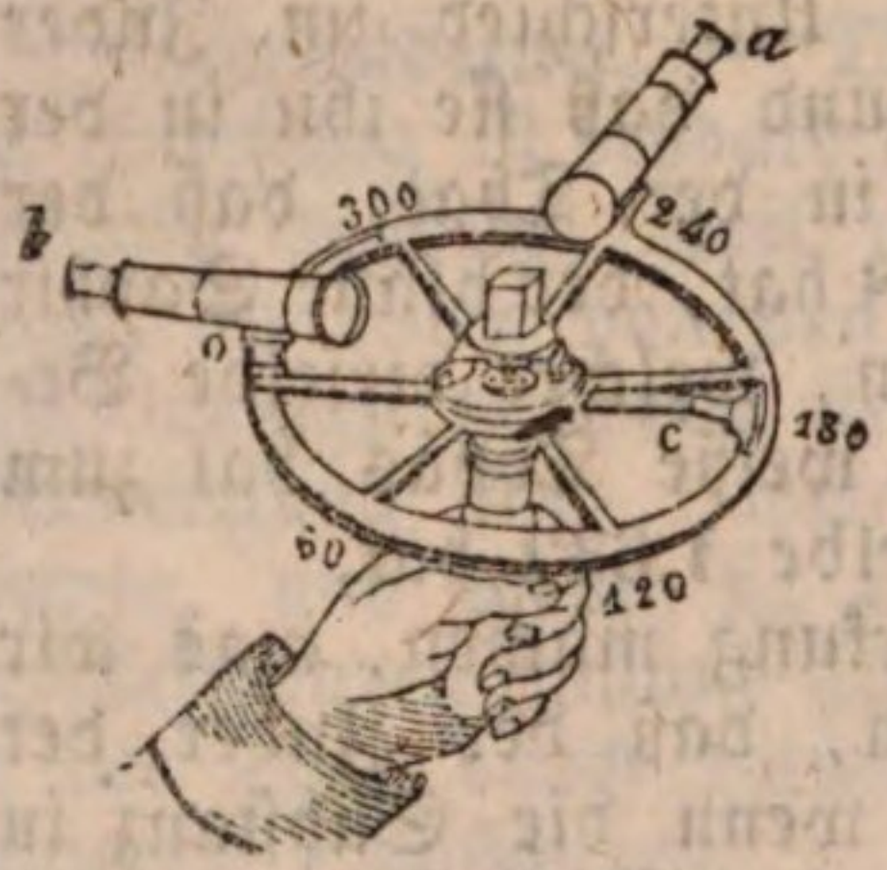
Mittel, sie zu bestimmen. — Unter den verschiedenen Mitteln, welche man zur Bestimmung des Brechungswinkels anwenden kann, besteht das Einfachste darin, daß man die Substanz zu einem Prisma schneidet (oder einen durchsichtigen Krystall mit glatten Flächen nimmt), daß man den Einfallswinkel der beiden Ebenen mißt und das sucht, was man die kleinste Ablenkung des Strahles nennt, welcher durch den Körper geht; d. h. den kleinsten Winkel, welchen das gebrochene Bild mit dem direkten machen kann. Mit Hülfe dieser Angaben erhält man das verlangte Verhältniß; denn man kann beweisen, daß der Index der Brechung durch die Formel ausgedrückt ist,

$$\frac{\text{sinus } \frac{1}{2}(\alpha + \Delta)}{\text{sinus } \frac{1}{2}\alpha}$$

wenn α den Winkel des Prismas, und Δ den Winkel der kleinsten Ablenkung bedeutet.

Der Goniometer von Babinet, mit Hülfe dessen man den Winkel des Prismas erhalten kann, §. 9, dient auch dazu, die kleinste Ablenkung zu messen. Zu diesem Zweck sei das Prisma auf dem mittleren Träger, so dreht man das bewegliche Sehrohr b (Fig 356) rechts oder links von der Richtung des festen Rohrs a, und indem man den Träger dreht, erhält man bald ein Bild des Sonnenspektrums, das vom vertikalen Faden des Rohrs herrührt. Wenn man hierauf in einer oder der andern Richtung langsam dreht, so sieht man gewöhnlich das Spektrum auf einer oder der andern Seite die Röhre verlassen.

356.



Nähert man nun das Rohr b der Richtung von a, und dreht man zu gleicher Zeit den Träger, um das Spektrum nicht aus dem Auge zu verlieren, so kommt man nach einigem Probieren, auf eine solche Stellung, daß die beiden entgegengesetzten Bewegungen des Trägers ein Spektrum geben, das sich immer in derselben Richtung entfernt: dies ist das Spektrum der kleinsten Ablenkung.

An diesem Ziele angekommen, wird man einen Punkt des Spektrums, z. B. die Grenzlinie zwischen grün und roth, wählen, und man wird den Durchschneidungspunkt der Kreuzfäden des beweglichen Sehrohrs auf diese Grenzlinie richten, und den Winkel bemerken, welchen der Nonius angibt

Hierauf wird man das bewegliche Rohr auf die andere Seite der Richtung des Rohres a führen; man wird auf gleiche Weise die Spektrumsgränze suchen, und den Durchschnittspunkt der Kreuzfäden des beweglichen Rohrs auf dieselbe Grenzlinie zwischen grün und roth richten. Man wird alsdann zwischen den zwei Haltpunkten einen Winkel haben, dessen Hälfte der der kleinsten Ablenkung ist.

Nach einigen Versuchen wird man finden, daß dieses Probieren, das zu beschreiben, etwas umständlich ist, in der Wirklichkeit keine Schwierigkeit darbietet.

Doppelte Strahlenbrechung.

§. 68. **Erklärung der Erscheinung.** — Es gibt Substanzen, in welchen der einfallende Lichtstrahl nicht nur gebrochen wird, sondern sich auch in zwei abgesonderte Strahlen theilt; d. h. daß, wenn man einen Gegenstand durch einen dieser Körper ansieht, man ihn in der Regel doppelt sieht.

Dies kann man sehr leicht beobachten, z. B. an

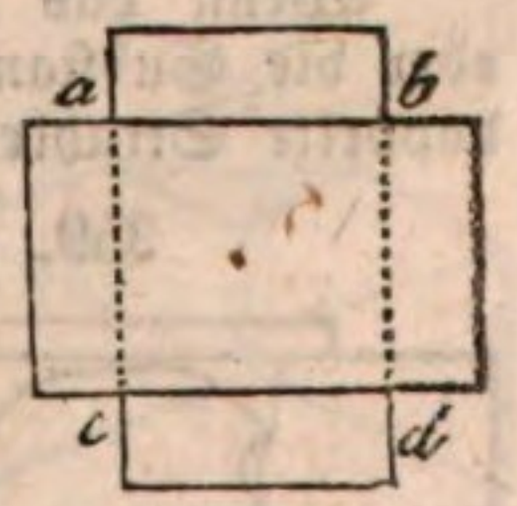
einem Rhomboeder von hellem Kalkspath (gewöhnlich isländischer Spath genannt) und an einer großen Anzahl anderer Substanzen, wenn sie geeignet geschnitten sind.

Anwendung. — Sämmtliche Beobachtungen zeigen, daß die Körper, welche eine einfache Strahlenbrechung besitzen, entweder der Krystallisation beraubt, oder im regulären System krystallisirt sind. Diejenigen dagegen, welche eine doppelte Strahlenbrechung zeigen, sind alle krystallisirt und gehören andern Systemen an.

Die erste Thatsache gibt uns ein Mittel an die Hand, viele Substanzen von einander zu unterscheiden, selbst dann, wenn sie der äußern Kennzeichen entbehren, die gewöhnlich zu ihrer Erkennung dienen, wenn sie z. B. in Bruchstücken oder gespalten sind. Man wird z. B. nie Glas und Bergkrystall, Spinell und orientalischen Rubin, Granat und Zirkon ꝛc. mit einander verwechseln, weil die ersten Körper jedes Beispiels einfache, die zweiten doppelte Strahlenbrechung zeigen. Die erstern sind daher nichtkrystallisirte Körper (Glas), oder gehören sie dem regulären System an (Spinell und Granat); die zweiten dagegen sind krystallisirte Körper, welche einem der andern Systeme angehören.

Mittel, sie zu beobachten. — Um zu erkennen, ob ein Körper doppelte Strahlenbrechung besitzt oder nicht, reicht es hin, ein Bruchstück desselben zwischen zwei Blättchen von Turmalin zu bringen, welche parallel der Krystallisationsaxe geschnitten und kreuzweise unter einem rechten Winkel über einander gelegt sind, wie in Fig. 357.

357.



Man hat hiezu elastische Zangen (Fig. 358), die mit Einfassungen endigen, welche die Turmalinplättchen aufnehmen und leicht

358.

über einander gestellt werden können; das zu untersuchende Stück wird natürlicherweise durch die Federkraft zwischen diesen Blättchen gehalten.

Besitzt die Substanz einfache Strahlenbrechung, so läßt der Ort der Durchkreuzung, abcd, der natürlich dunkel ist, kein Licht durchgehen; besitzt sie dagegen doppelte Brechung, so wird dieser Raum durchsichtig.

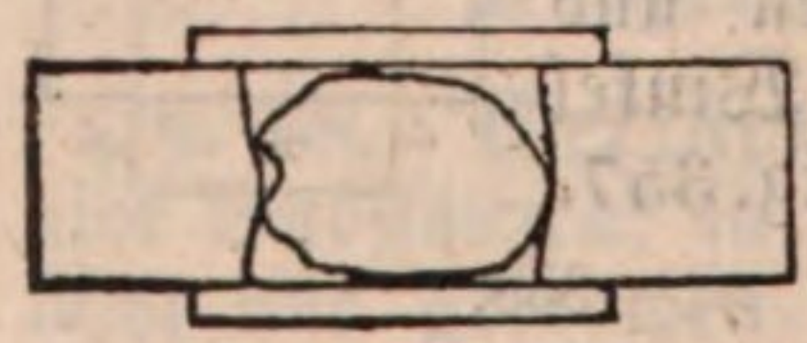
Um zu begreifen, was bei dieser Operation vorgeht, muß man wissen, daß das Licht, wenn es durch eine Substanz, die doppelte Brechung besitzt, hindurchgeht, eine besondere Eigenschaft erhält, die man Polarisation genannt hat. Diese Eigenschaft besteht darin, daß ein also modificirter Strahl sich mehr oder minder sträubt, von einer gewissen Seite durch einen durchsichtigen Körper hindurchzugehen, während er von der entgegengesetzten Seite mit Leichtigkeit hindurchgeht. Diese beiden Strahlen, durch einen Körper, der doppelte Brechung besitzt, erhalten, sind im Allgemeinen in entgegengesetzter Richtung polarisirt.

Der Turmalin, eine Substanz mit doppelter Strahlenbrechung, besitzt, sowie andere Substanzen, wenn er parallel der Axe in gehörig dicke Plättchen geschnitten ist, die Eigenschaft, den einen der Strahlen zu verschlucken, den andern durchzulassen, welcher dann in einer gewissen Richtung polarisirt ist, der Lage des Plättchens entsprechend, durch welche er gegangen ist. Dieser Strahl kann durch ein Plättchen derselben Substanz, deren Axe eine entgegengesetzte Richtung hat, nicht hindurchgehen, und es herrscht daher am Durchkreuzungsorte Dunkelheit.

Eine Substanz nun, die nur einfache Brechung besitzt, bringt keine Veränderung hervor, wenn man sie zwischen die zwei Turmalinplättchen bringt; aber eine doppeltbrechende Substanz nöthigt gewöhnlich den durch den ersten Turmalin polarisirten Strahl, sich in zwei Büschel zu theilen, von welchen der eine, der dem ersten entgegengesetzt polarisirt ist, durch den Turmalin, wenn man ihn gegen das Auge dreht, hindurchgehen kann.

Wenn das Bruchstück eine sehr unregelmäßige Oberfläche hat, oder die Substanz viele geschliffene Flächen besitzt, so kann über die doppelte Strahlenbrechung des Körpers einiger Zweifel obwalten. In diesem Fall ist es gut, den Stein in die Vertiefung einer Korkscheibe zu bringen (Fig. 359, und auf jede Oberfläche mittelst eines dicken Terpentins, welches den leeren Raum ausfüllt, ein Glasplättchen aufzukleben. Den so zusammengesetzten Apparat bringt man zwischen die Turmalinplättchen.

359.



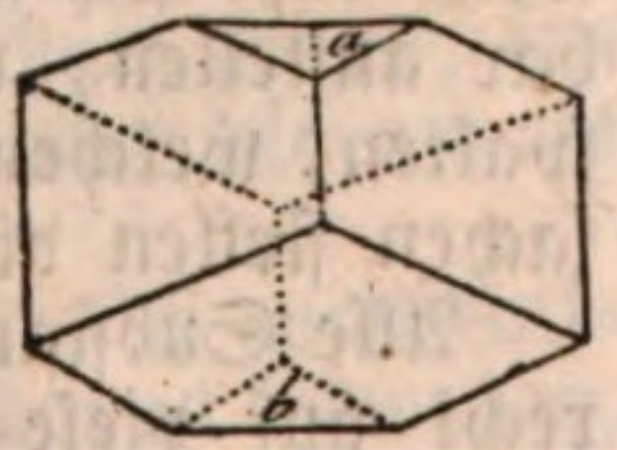
Beobachtung. — Daraus, daß eine Substanz das Licht durch die kreuzweise über einander gelegten

Turmalinplättchen gehen läßt, darf man nicht immer den zu strengen Schluß ziehen, daß sie regelmäßig krystallisirt sei und nicht dem regulären System angehöre. Das Glas z. B., welches nicht krystallisirt ist, erlangt durch rasche Abkühlung (trempe) * die Eigenschaft, den Strahl, welcher durch den ersten Turmalin gedrungen ist, zu polarisiren, und veranlaßt daher einen Theil desselben, durch den zweiten hindurchzugehen. Gewisse Körper des regulären Systems, gewisse Diamanten z. B., zeigen eine analoge Erscheinung, und man betrachtet dies als die Wirkung einer gewissen gezwungenen Anordnung oder einer Art schneller Abkühlung.

Folgende Betrachtungen werden uns vor solchen Irrthümern bewahren:

§. 69. **Neutrale Linien oder Axen.** — Die Erscheinung der doppelten Strahlenbrechung zeigt sich in einer und derselben Substanz nicht in allen Richtungen gleich. Man bemerkt immer, daß, wenn man die Körper passend spaltet, die einen nur in einer Richtung ein einziges Bild zeigen, während die andern zwei solcher Richtungen besitzen. Beim isländischen Spath z. B. zeigt sich die Erscheinung der doppelten Brechung in der Richtung der Axe des Krystalls; so zwar, daß, wenn man an den Spitzen des Rhomboeders zwei Flächen, a und b (Fig. 360), senkrecht auf die Axe wegschneidet, man nur einfache Bilder der Gegenstände, welche man hindurch betrachtet, erblickt. Bei dem Topas, welcher in rhombischen Prismen krystallisirt, findet man eine neutrale Richtung, welche sowohl zur Rechten als zur Linken der Axe geneigt ist; zwischen den zwei Flächen

360.



* Wenn man das Glas erhitzt und schnell abkühlt, so nehmen seine Moleküle eine gewisse Stellnng gegen einander an, welche eine Tendenz zur regelmäßigen Krystallisation zeigt.

361.

a und b (Fig. 361) z. B. sieht man die Gegenstände einfach, eben so zwischen den zwei Flächen c und d. Diese Richtungen sind neutrale Linien oder Axen der doppelten Brechung, optische Axen genannt worden. Eine einzige neutrale Linie, oder eine einzige Axe schneidet immer die Krystallaxe; die Mittellinie zwischen zwei neutralen Linien correspondirt einer der Krystallaxen, welche man in der Substanz beobachten kann.

Anwendung. — Folgendes ist also die mineralogisch richtige Beobachtung: Alle Substanzen, welche eine einzige neutrale Linie haben, gehören zum rhomboedrischen System, oder zum prismatischen, mit quadratischer Basis; alle diejenigen, welche deren zwei besitzen, gehören zu einem der andern prismatischen Systeme. Hieraus ergibt sich, daß mittelst der Beobachtungen der optischen Erscheinungen man z. B. den Bergkrystall und den Topas, den isländischen Spath und den Gyps nicht mehr mit einander verwechseln wird, welche man durch die Form der am besten ausgebildeten Krystalle verwechseln würde.

Mittel zur Beobachtung. — Es ist also richtig, daß man bestimmen kann, ob eine durchsichtige Substanz eine einzige oder zwei Axen besitzt. Unglücklicherweise läßt sich die Beobachtung nicht immer unmittelbar anstellen, und oft ist es nöthig, den Körper zu spalten, welchen man untersuchen will. Folgende Thatsachen stellen die unterscheidenden Merkmale fest:

Alle Substanzen mit einer Axe, in Plättchen senkrecht auf diese Linie geschnitten und zwischen zwei Turmalinplättchen gebracht, zeigen farbige, kreisrunde, concentrische Ringe, durch welche meist ein schwarzes Kreuz geht (Fig. 362), wenn sie die gehörige Dicke haben. Der isländische Spath bietet ein schönes Bei-

spiel hievon dar, aber der Quarz muß außerordentlich dünn sein, um einen bläulichen Schatten dieses Kreuzes zu zeigen, und ist das Plättchen etwas dicker, so verschwindet das Kreuz vollständig; die Mitte ist alsdann auf die eine oder andere Art gefärbt.

Die Substanzen mit zwei Axen, senkrecht auf die Mittellinie geschnitten, zeigen zwei Reihen farbiger Ringe (Fig. 363), die eine auf der einen, die andere auf der entgegengesetzten Seite der Mittellinie. Diese Ringe sind elliptisch, und ein schwarzer Streifen geht durch sie hindurch. Diese beiden Reihen sind je nach den Substanzen mehr oder minder von einander entfernt; d. h. die Axen der doppelten Brechung machen unter sich größere oder kleinere Winkel.

362.

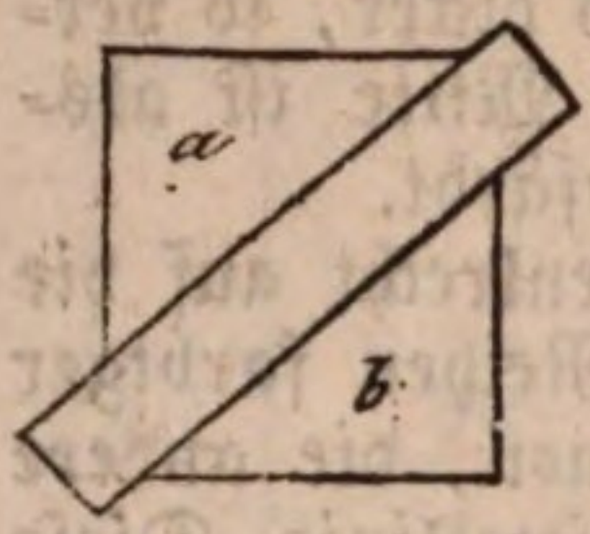
363.

Gewisse Substanzen besitzen auf die Axe oder die Mittellinie senkrechte Spaltungsflächen (gewisse Varietäten von kohlensaurem Kalk, der Topas, der Glimmer, der Talk u. s. w.), dann genügt es, ein Plättchen abzulösen und zwischen die Turmaline zu bringen, um eine oder die andere der angegebenen Erscheinungen zu beobachten, sei es unmittelbar, sei es, indem man den Apparat auf die eine oder die andere Seite vor dem Auge dreht.

Bei denjenigen Substanzen, welche sich nicht senkrecht auf die Axe spalten lassen, genügt es bisweilen, die Plättchen, welche man zwischen den Turmalinen hat, zu neigen; aber wenn der Brechungsinder etwas groß ist, fällt der Strahl über das Gesichtsfeld hinaus, und man sieht nichts. In diesem Fall kann man sie

zwischen zwei kleine Prismen von Glas a und b (Fig. 364) unter beliebigem Winkel bringen, indem man sie mit verdicktem Terpentin befestigt. Dies läßt sich z. B. bei den vom isländischen Spath abgelösten Plättchen anwenden, welche nicht unmittelbar den Index der neutralen Linie, die sie besitzen, zeigen.

364.



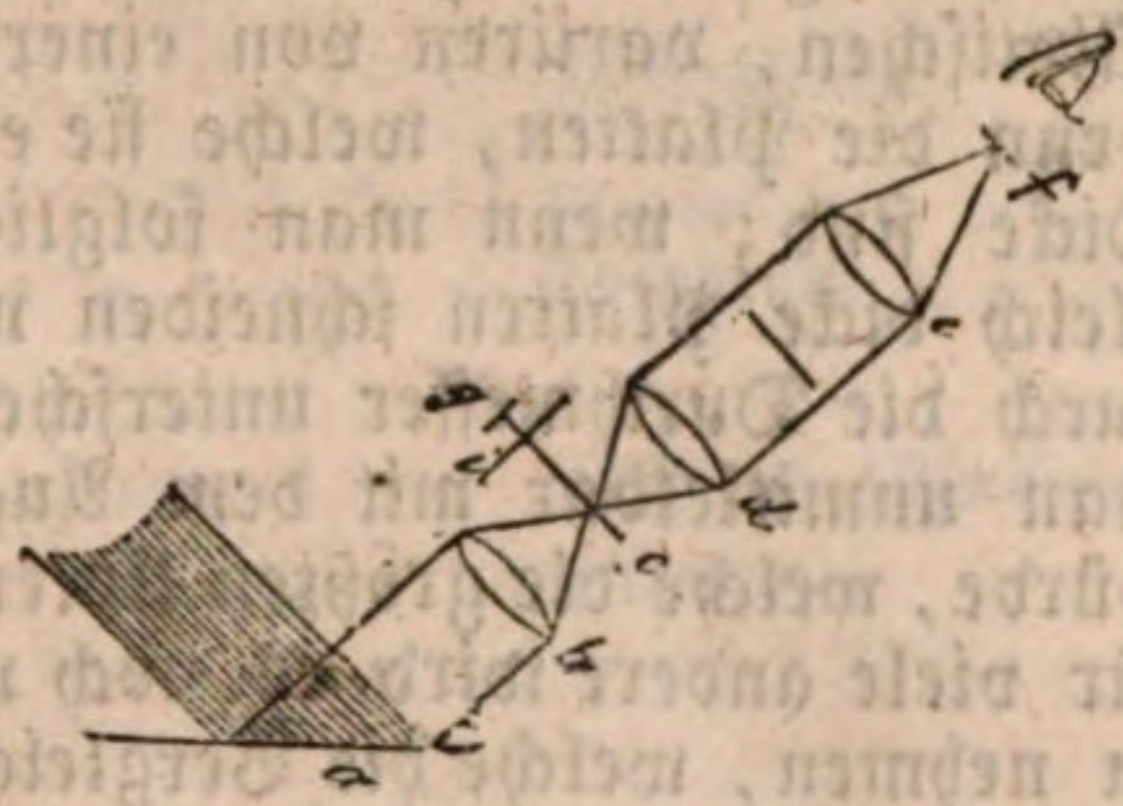
Man kann sich auch manchmal eines unregelmäßigen Bruchstücks bedienen, um diese Phänomene zu beobachten, indem man sie in einer oder der andern Richtung mit Prismen umgibt, aber im Allgemeinen wird es besser sein, aus der Substanz ein Plättchen mit parallelen Flächen zu spalten.

Abweichung der Axen. — Wir haben gesagt, daß die beiden Systeme elliptischer Ringe mehr oder weniger von einander entfernt sind, je nach der Beschaffenheit der Substanzen, oder, mit andern Worten, daß die optischen Axen größere oder kleinere Winkel bilden. Dieser Umstand unterscheidet die verschiedenen unorganischen Körper vollkommen von einander, aber man begreift leicht, daß die unbestimmte Beobachtung des Mehr oder Weniger nur die Extreme unterscheiden läßt, und daß man, um die Differenz in allen Körpern zu schätzen, die Winkel in Graden berechnen muß; d. h. man muß Mittel finden, den Winkel zu messen, welchen man mit einer Platte beschreiben muß, um von der Richtung einer Axe in die der andern zu gelangen; es muß folglich an die Stelle der Zange mit dem Turmalin ein Apparat gesetzt werden, mit dem man diese Maße anzugeben im Stande ist.

Man kann sich hiezu des Apparats von Soleil (Fig. 365) bedienen. Er besteht aus einer schwarzen Ebene *a*, welche einen der Turmaline ersetzt, und vermittelst welcher das unbestimmte Licht der Wolken unter einem Winkel von 35° 75′ zurückgeworfen und polarisirt wird, und durch eine Linse *b* hindurchgeht, welche die parallelen

Strahlen in ihrem Brennpunkte vereinigt. An diesem Brennpunkt befindet sich eine Zange, in die man die Platte des zu untersuchenden Körpers hineinpaßt. Von diesem Punkte müssen die Lichtstrahlen durch eine zweite Linse *d* hindurchgehen, welche ihnen wieder eine parallele Richtung gibt; hierauf nimmt sie eine dritte Linse *e* auf und macht sie in *f* convergiren, wo sich ein Turmalinplättchen befindet, welches als Ocularglas dient.

365.



Die Zange *c* kann mittelst der Scheibe *g* so gedreht werden, daß man die Platte mehr oder weniger neigen kann, welche man in der einen oder andern Richtung untersuchen will. Der Winkel dieser Bewegung wird auf dem eingetheilten Kreise *i* angegeben. Die Platte selbst kann in ihrer Ebene zwischen der Zange nach Belieben gedreht werden.

Zwischen den beiden Linsen *d* und *e* befinden sich zwei rechtwinklige Kreuzfäden.

Dieser Apparat, welcher mit Vortheil die Zange mit den Turmalinen ersetzt, dient hauptsächlich um die Abweichung der Axen zu bestimmen. Zu diesem Zweck legt man die Platte, womit der Versuch angestellt werden soll, auf die Träger *c*, und dreht sie in ihrer Ebene so, daß die zwei Mittelpunkte der Ringe mit dem vertikalen Faden zusammenfallen, alsdann dreht man die Scheibe *g*, um nach und nach jeden Mittelpunkt auf den Durchkreuzungspunkt der Fäden fallen zu lassen; der Bogen, welchen dann die Zange beschrieben hat, gibt den Winkel der neutralen Linien zwischen ihnen.

Man wird so folgende Winkel erkennen, welche die Substanzen, auf die sie sich beziehen, genau unterscheiden:

Strontianit	60 56′	Cölestin	500
Talk	70 24′	Comptonit	560 6′
Bleiweiß	170 30′	Gyps	600 6′
Arragonit	180 18′	Cordierit	620 50′
Apophyllit	350 8′	Kalifeldspath	630
Barytine	370 42′	Cyanit	810 48′
Stilbit	410 42′	Epidot	840 19′
Karstenit	440 41′	Peridot	870 56′

Man wird durch dieses Mittel finden, daß die Substanzen, welche man Topase nennt, in ihren verschiedenen Varietäten ziemlich große Unterschiede, wie von 43° bis 65°, zeigen, was verschiedene Species anzuzeigen scheint. Die Körper, welche man gewöhnlich Glimmer nennt, bieten noch viel größere Unterschiede dar, denn man wird gegen zwanzig verschiedene Winkel zwischen 6° und 76° beobachten, was darauf führt, darin eben so viele Species zu erkennen.

Durchmesser der Ringe. — Die Durchmesser der farbigen Ringe, sowohl der kreisförmigen als elliptischen, variiren von einer zur andern Substanz, wenn die Platten, welche sie erzeugen, von derselben Dicke sind; wenn man folglich alle Substanzen in gleich dicke Platten schneiden würde, könnte man sie durch die Durchmesser unterscheiden. Es ist klar, daß man unmittelbar mit dem Auge diejenigen erkennen würde, welche die größten Unterschiede darbieten; aber für viele andere wird es noch nothwendig sein, Maße zu nehmen, welche die Vergleichung gestatten könnten.

Der Apparat von Soleil * kann auch hiezu benützt werden; man bringt an den horizontalen Faden den Rand des einen bestimmten Ringes, hierauf den andern, und man erhält die Distanz des einen zum andern in Graden auf dem eingetheilten Limbus.

§. 70. **Anziehende und abstoßende Krystalle.** — Es gibt Krystalle mit einer Axe, bei welchen der ordentliche Index der Brechung größer als der außerordentliche ist, und andere, wo gerade das Gegentheil stattfindet, d. h. bei den einen ist der gewöhnliche Strahl derjenige, welcher sich am meisten von der Axe entfernt, wie wenn er durch die Axe abgestoßen würde, und bei den andern nähert er sich derselben mehr, wie wenn er angezogen würde. Die erstern nennt man abstoßende oder negative Krystalle, die andern anziehende oder positive. Die Beobachtung dieses Umstandes bietet auch ein Mittel zur Unterscheidung dar, so daß man nach diesen Eigenschaften zwei Substanzen nicht verwechseln würde, welche im Uebrigen viele äußere Aehnlichkeit mit einander haben, z. B.:

* Man wird bei diesem Optiker eine Reihe von Substanzen so geschnitten finden, daß sie die verschiedenen Erscheinungen, deren wir Erwähnung gethan haben, zeigen, so zwar, daß dieser Apparat geeignet ist, sie auf Ebenen zu projeciren, wodurch sie eine große Anzahl Personen zugleich sehen können.

Negative Krystalle.		Positive Krystalle.
Apatit.		
Kalk.		
Zinnober	mit	Silberblende.
Korund	mit	Quarz.
Smaragd		Dioptas.
Nephelin	mit	Apophyllit.
Pyromorphit.		
Turmalin.		
Anatas	mit	Cassiterit (Zinnstein).
Idocras	mit	Zirkon.
Wernerit		
Honigstein.		
Melinose.		

Mittel der Beobachtung. — Um zu erkennen, ob eine Substanz eine anziehende oder abstoßende Axe besitzt, genügt es, nachdem man ein Plättchen derselben in den Apparat gebracht hat, um die Ringe zu beobachten, auf dasselbe eine ähnliche Platte von einem Körper zu bringen, dessen Verhalten bekannt ist (z. B. isländischer Spath, der abstoßend ist), und zu beobachten, ob sich die Ringe nähern oder sich entfernen. Wenn sie sich entfernen, so verhalten sich die Substanzen entgegengesetzt, denn es ist dasselbe, wie wenn man die Dicke der Platte verminderte: also ist die Substanz anziehend. Wenn sie sich nähern, erhöht sich die Erscheinung, da sich die Sache so darstellt, wie wenn man die Dicke der Platte vermehrte; folglich ist das Verhalten von derselben Art: also der Körper abstoßend.*

Polarisationswinkel.

§. 71. Das Licht wird durch Reflexion auf der Oberfläche der Körper polarisirt; aber der Winkel,

* Durch diese Modifikationen der verschiedenen optischen Eigenschaften, von welchen wir so eben gesprochen haben, beobachtet man die Veränderungen der Krystallsysteme, welche in einem Körper durch verschiedene Mittel hervorgerufen werden können (s. §. 45 und 47).

unter welchem das Maximum der Erscheinung stattfindet, ist in den verschiedenen Substanzen verschieden; dies bietet wenigstens für die Extreme noch Mittel zu Unterscheidungen dar. Man wird daher folgende Substanzen nach dem Polarisationswinkel nicht verwechseln.

	Polarisationswinkel.
Glas	54° 35′ *
Flußspath (Fluorine)	55° 9′
Gyps	56° 45′
Quarz	56° 58′
Brucit (Talkhydrat)	57° 25′
Schwerspath (Barytine)	58° 29′
Topas	58° 34′
Isländischer Spath	58° 51′
Spinell	60° 25′
Zirkon	63° 0′
Schwefel	63° 45′
Diamant	68° 1′
Rothbleierz (Crocoïse)	68° 3′

Brewster hat folgendes allgemeines Gesetz gefunden, daß nämlich die Tangente des Polarisationswinkels gleich dem Index der Brechung ist, woraus hervorgeht, daß man den einen mittelst des andern finden kann.

Um den Polarisationswinkel zu bestimmen, kann man sich aller Instrumente bedienen, welche tauglich sind, die Neigung eines reflektirten Strahls zu messen. Der Goniometer von Babinet kann hiezu mit Leichtigkeit gebraucht werden, indem man im Ocular so einen Turmalin anbringt, daß seine Axe rechtwinklig auf die Ebene des Kreises steht. Es genügt alsdann, wenn die Alidade auf 0° steht, den Träger, auf welchem der Körper befestigt ist, zugleich mit der beweglichen Linse zu bewegen, bis das Bild der festen Linse, das durch den Körper reflektirt wird, durch den Turmalin

* Diese Winkel sind diejenigen, welche der reflektirte polarisirte Strahl mit der Normalen bildet. Biot und Arago haben den Winkel, welchen der polarisirte Strahl mit der Ebene macht, angegeben.

zerstört, oder auf ein Minimum der Intensität zurückgeführt ist. Man erhält somit die Neigung des polarisirten Strahls gegen die reflektirende Ebene, wovon man das Complement nehmen muß, um die Art und Weise der Bezeichnung zu erhalten, welche wir angenommen haben.

Farbenspiel oder Polychroismus.

§. 72. Die Körper mit doppelter Strahlenbrechung bieten uns jene andere Eigenschaft dar, daß wenn man sie zwischen das Auge und das Licht bringt, sie die eine oder andere Farbe darstellen, je nach der Richtung, in welcher die Lichtstrahlen durch sie hindurchgehen. Parallel mit den Axen wird kein Lichttheil polarisirt, und man beobachtet eine besondere Färbung. In jeder andern Stellung ist das austretende Licht ein Gemisch von polarisirtem und gewöhnlichem Lichte; die Farbe ist alsdann verschieden und variirt mit den bezüglichen Quantitäten dieser Mischung.

Wenn man das durch die Substanzen hindurchgegangene Licht mittelst eines Stückchens Turmalin, das so gedreht wird, daß das polarisirte Licht zurückgeworfen werden kann, analysirt, so sieht man in allen Richtungen die gleiche Farbe.

Nicht immer sind die Farben deutlich unterschieden; im Fall sie es aber sind, so findet man darin ein Mittel, die Richtung der Axen zu bestimmen; zu diesem Zwecke braucht man bloß die Richtung zu suchen, wo man bei einfacher Betrachtung die Farbe beobachtet, welche derjenigen ähnlich ist, die man mit Hülfe des analysirenden Turmalins findet.

Glanz.

§. 73. Wenn das Licht auf der Oberfläche eines Körpers zurückgeworfen wird, so ergeben sich daraus

zwei Wirkungen, wovon die eine das Bild der Gegenstände, d. h. die eigene Reflexion, auf das Auge überträgt, während durch die andere das Auge ungeachtet der Farben einen besondern Eindruck von Seiten des Körpers erhält. Diesen Eindruck nennt man den Glanz des Körpers, womit wir eine Menge Gegenstände von einander unterscheiden: z. B. eine polirte Stahlplatte von einer Glasplatte, ein Stück Wachs von einem Stück Harz 2c. Auch mußte man sich desselben wegen der Vergleichung der verschiedenen Mineralien bedienen, und man unterscheidet alsdann hauptsächlich den Metallglanz, den Glasglanz, den Harzglanz, den Fettglanz, den Perlmutterglanz und den Seidenglanz, welch letzterer nur ein von der faserigen Struktur begleiteter Perlmutterglanz ist. In jedem dieser Glanzarten läßt man noch verschiedene Varietäten zu, welche man mit gewissen Beinamen, wie z. B. halbmetallischer Glanz, Halbglasglanz 2c. bezeichnet; auch sagt man metallähnlicher Glanz, um damit das metallische Aussehen gewisser Steine zu bezeichnen.

Der Glanz ist öfters ziemlich veränderlich in einem und demselben Körper, so daß er unmöglich zur genauen Unterscheidung einer Substanz von allen übrigen dienen kann. Doch variirt er niemals vom Metallglanz zum Glasglanz und kann daher in dieser Beziehung von einigem Nutzen sein.

Asterismus (Schillern), Nebenkreise, Kronen.

§. 74. **Asterismus** (Schillern). — Schon seit langer Zeit kannte man eine besondere Erscheinung des Saphirs, der durch Reflexion vor einem starken Lichte einen glänzenden Stern mit sechs Strahlen zeigte. Später hat man die Bemerkung gemacht, daß das gleiche Phänomen durch Refraktion stattfindet, wenn man das Licht einer Wachskerze durch den Stein betrachtet.

Man machte hierauf die Entdeckung, daß auch noch mehrere andere Substanzen Sterne, aber mit mehr oder weniger zahlreichen Strahlen, gaben. Diese Erscheinungen hat Babinet an die der sogenannten Netze geknüpft, wovon wir die analogen Thatsachen hier folgen lassen.

Wenn man eine Reihe parallel ausgespannter und ziemlich nahe an einander liegender Fäden, oder auch auf ein Glas gezogene parallele Striche hat (Fig. 366), und man das Licht einer Wachs=kerze durch diese hindurch betrachtet, so sieht man auf beiden Seiten der Flamme einen senkrecht zur Richtung der Striche * liegenden hellen Steifen. Hat man Fäden oder Striche, die sich unter einem rechten Winkel durchkreuzen, so gewahrt man zwei auf dieselbe Weise sich durchkreuzende helle Streifen und daher einen Stern mit vier rechtwinkligen Strahlen; man kann dies sehen, sobald man das Licht durch ein feines Gewebe betrachtet. Mit drei Reihen Fäden oder Strichen (Fig. 367) hat man drei Streifen und daher auch einen Stern mit sechs Strahlen ꝛc. Im Allgemeinen hat man eben so viele Lichtstreifen als Richtungen von Strichen und sind die Winkel der Streifen genau die der Striche selbst. Diese Erscheinungen sind alle das Resultat der Zurückwerfung des Lichtes an der Oberfläche der Fäden oder Striche.

366. 367.

Aehnliche Strukturen in den Mineralien haben auch ähnliche Wirkungen zur Folge. Wenn man z. B. Substanzen findet, die durch Reflexion schillern können, so bemerkt man, daß sie mehr oder weniger feinfaserig sind und daß sich senkrecht zu diesen Fasern die Linien des reflektirten Lichtes, die sie darstellen,

* Das gleiche Phänomen erzeugt man mit einer Glasplatte, über welche man mit einem etwas feucht gemachten Finger hinweggefahren ist.

zeigt. Der Fasergyps und der faserige kohlensaure Kalk, der Faserkiesel, der Schillerquarz (Katzenauge) 2c. zeigen diese Erscheinungen sehr deutlich.

Untersucht man unter dem Mikroskope die sternbildenden Körper, so entdeckt man an ihnen gewöhnlich auch entsprechende Strukturen. So zeigt z. B. ein senkrecht zur Axe geschnittenes Plättchen eines sechsseitigen Saphirprismas oder eines pyramidalen Dodecaeders Streifen, die unter sich gleichseitige Dreiecke bilden; sie müssen also auch Sterne mit sechs Strahlen geben; ebenso verhält sich auch ein Smaragdprisma u. s. w. Ein quadratisches Idokrasprisma stellt auf seinen Grundflächen unter dem Mikroskope rechtwinklige Linien dar und gibt demnach Sterne mit vier rechtwinkeligen Strahlen. Ein Prisma von schwefelsaurem Baryt zeigt zwei Systeme von Linien, welche sich schief durchkreuzen und bildet einen Stern mit Strahlen, die sich auf gleiche Weise durchkreuzen u. s. w.

Die Art des Asterismus einer Substanz kann uns also Aufschlüsse über ihre innere Struktur geben, die für uns auf jede andere Weise verloren sind. So kann man z. B. daraus schließen, daß die sechsseitigen Dreieckprismen, die Idokrasprismen aus seitigen Smaragd- und Saphirprismen aus gleichquadratischen Prismen, die Prismen von schwefelsaurem Baryt aus rhombischen Prismen gebildet sind u. s. w. Ein Beweis, daß sich die Sache wirklich auch so verhält, ist dies, daß ein in diesen Körpern parallel mit der Axe abgeschnittenes Plättchen nur eine einzige, höchstens zwei Lichtlinien erzeugt, wovon die eine den Spaltungsrichtungen der Grundfläche entspricht.

Die Vervielfältigung der Beobachtungen wird uns ohne Zweifel einst wichtige Resultate liefern, und man wird wahrscheinlich sehen, warum gewisse Substanzen, z. B. der Quarz, trotz ihrer Analogie mit andern Körpern keine Sterne bilden; man wird die

Form und Anordnung der Moleküle bestimmen, welche dem in Trapezoeder krystallisirenden Granate zukommen, um Sterne mit sechs Strahlen zu bilden, die eine Neigung von 60° unter sich haben, wenn man ihn an gewissen Winkeln schleift und Sterne mit vier Strahlen, die gegen einander um einen Winkel geneigt sind, der zwischen 60° und 120° liegt. Ferner warum sich dies nicht auch bei andern Substanzen des regulären Systems u. s. w. findet; endlich warum die verschiedenen Formen einer und derselben Substanz verschiedene Anordnungen darbieten, und welches die Beziehungen sind, die sie unter einander haben.

§. 75. **Nebenkreis.** — Es erzeugen sämmtliche sternbildende Substanzen auch noch ein anderes Phänomen, das von den Systemen mit der Axe paralleler durch die Kanten der diese Substanzen zusammensetzenden, prismatischen Moleküle bewirkter Striche abhängt, an welchen das Licht zurückgeworfen wird, wenn es durch den Stein hindurchgeht. Diese Erscheinung besteht in einem durch die Flamme, die als Visierpunkt dient, hindurchgehender Lichtkreis. Sie findet nicht allein bei den krystallisirten Substanzen, sondern auch noch bei allen unregelmäßig faserigen Stoffen mit parallelen senkrecht zu ihrer Richtung geschliffenen Fasern Statt.

§. 76. **Lichtkronen.** — Wenn die Substanzen gleichförmig aus regelmäßigen, parallelen Fasern zusammengesetzt sind und man senkrecht zu der Richtung dieser Fasern Plättchen abschneidet, so sieht man durch diese letztern hindurch eine kreisrunde Krone um das Licht herum, das man zum Visierpunkt wählt. Die Kronen sind mehr oder weniger groß, je nach der Größe der Fasern, die man durch die Messung des Durchmessers der Kreise genau berechnen kann.

Farben.

§. 77. **Wesentliche oder eigenthümliche Farben.** — Die Farben der Mineralien müssen als wesentliche und als zufällige Farben unterschieden werden. Die ersteren rühren von der Natur der Körper selbst her und sind für deren Unterscheidung wichtig. Sie finden sich bei den Metallen, dem Schwefel, den Schwefelmetallen, den Oxyden und bei einigen ihrer Zusammensetzungen. Diese Farben sind stets in der ganzen Ausdehnung der Körpermasse gleichförmig; sie ändern sich manchmal je nach deren größern oder geringern Dichtigkeit ab und erscheinen endlich ganz schwarz, was besonders bei den Oxyden der Fall ist; jedoch ist die Farbe ihres Staubes immer die gleiche, wie auch die der Masse sein mag, und dieß ist auch der Grund, warum man sie bei der Aufzählung der Charaktere besonders angibt. Es ist nicht ohne Nutzen, wenn man sich merkt, daß die Eigenfarben in Folge einer besonderen Anordnung der Moleküle sich verändern können. So zeigt z. B. der bei 109° geschmolzene und hierauf erkaltete Schwefel die gelbe Farbe, die ihm eigen ist; während er bis zum Siedpunkt (400°) erhitzt und sodann schnell erkaltet eine braunrothe Farbe annimmt und zugleich weich wird. Der langsam erkaltete Phosphor zeigt eine gelbliche Farbe, wird aber schwarz, wenn man ihn schnell erkaltet.

§. 78. **Zufällige Farben.** — Eine große Anzahl erdiger, steiniger und glasiger Körper haben von Natur aus eine weiße Farbe; finden sich aber häufig auch mit Substanzen gemischt, die verschiedene, theils wesentliche, theils zufällige Farben besitzen, wodurch ihre Masse entweder ganz oder nur theilweise gefärbt wird. Eine Folge davon ist die, daß diese Körper eine Menge verschiedener Farben darstellen können,

je nach den Umständen, unter welchen sie sich bildeten: so ist der Bergkrystall bald farblos, bald ins Gelbe, Grüne, Braune, Schwarze, Violette u. s. w. gefärbt, findet sich der Smaragd, den man sich immer als einen grünen Stein denkt, auch farblos oder blau, gelb u. s. w.

Man sieht häufig die Substanzen, welche sich miteinander krystallisirten, sich in einigen Theilen durchdringen und sieht auch gefärbte in der Masse der übrigen zerstreut liegend, was diesen eine besondere Färbung gibt. Diese Arten von Farbenmischungen trüben nicht selten die Durchsichtigkeit der Körper, die dadurch sogar oft ganz undurchsichtig werden. Oft bleiben aber aber auch die Körper dessen ungeachtet mehr oder weniger durchsichtig, was entweder anzeigt, daß die fremdartige Substanz aus äußerst feinen Theilchen besteht, oder daß sie sich in einer Art chemischer Zusammensetzung befindet. Die Wirkungen des Farbenspiels weisen auf besondere Anordnungen der färbenden Stoffe in den Körpern hin, zu deren Bestimmung sie uns vielleicht einst führen werden.

Diese färbende Substanzen sind zuweilen verflüchtigende Principien, welche das Feuer leicht zerstören kann, wie es bei den meisten schwarzen Quarzen der Fall ist; manchmal sind sie organische Principien, wie z. B. im Karneol, welcher seine rothe Farbe größtentheils organischen Kügelchen verdankt, die man zuweilen darin verbreitet findet.

Die zufälligen Farben sind nicht immer gleichförmig wie die wesentlichen Farben; denn einerseits variiren sie hinsichtlich ihrer Dichtheit und Nüancen, anderseits mischen sie sich auch häufig, so daß die gleiche Masse, der gleiche Krystall, sich in seinen verschiedenen Theilen verschieden färbt. Man bezeichnet oft die Zeichnungen, welche diese verschiedenen Farben unter sich bilden, durch die Beiwörter bandförmig, ringförmig, gefleckt, punktirt, geadert, schat-

tirt, baumförmig (dendritisch), geflammt, ruinenförmig ꝛc. Mehrere dieser Zeichnungen scheinen von Umständen herzurühren, welche die Bildung der Körper begleiteten, und lassen sich wie die Adern der Seife durch einen größern oder geringern Grad von Flüssigkeit und Klebrigkeit der Stoffe erklären, die sie in dem Momente besitzen, welcher dem Festwerden vorausgeht. Andere sind die Resultate der Zerlegung, die von innen nach außen und umgekehrt stattfinden. Die geflammten und ruinenförmigen Zeichnungen beziehen sich auf Risse, die nach allen Richtungen verlaufen und in welche Flüssigkeiten oder Dämpfe eingedrungen sind, die mehr oder weniger tief gehende Zerlegungen veranlaßten. Auch bemerkt man, daß der sogenannte ruinenförmige Marmor von Florenz nur eine Varietät von Kalksteinen ist, die man in der Nähe gewisser Spalten bricht, durch welche die mit verschiedenen Substanzen, welche die Fumarolen bilden, angefüllte Dämpfe entweichen.

Oberflächliche Farben. — Es gibt zufällige Farben, die nur oberflächlich sind; sie rühren oft nur von dünnen Häutchen aus fremden Substanzen her, was besonders bei gewissen Eisenerzen der Fall ist, die entweder auf der Oberfläche ihrer Krystalle (Eisenglanz von der Insel Elba), oder auf den Stalaktiten mehr oder weniger mannigfaltige Regenbogenfarben darstellen, die durch Waschen manchmal ganz entfernt werden. Unter andern Umständen hängen diese Regenbogenfarben von einer Veränderung der Oberfläche her, wie es häufig bei dem Kupferkies geschieht.

Inneres Irisiren. — Es finden sich auch Regenbogenfarben im Innern der Körper, wovon die einen von mehr oder weniger ausgedehnten Rissen, die andern von ganz unbekannten Umständen herrühren. Unter diesen letztern finden sich einerseits die schönen Regenbogenfarben, welche den Opal so geschätzt machen; anderseits die lebhaften und je nach der größern

oder geringern Neigung des Körpers gegen das Licht veränderlichen Farben, durch die der Labrador so gesucht ist.

Phosphorescenz.

§. 79. **Erklärung.** — Wenn die Phosphorescenz, wie verschiedene Versuche anzuzeigen scheinen, sich auf die Elektricität bezieht, so zeigen sie uns auch Lichtspiele als eine Wirkung derselben, und kann alsdann nach den optischen Erscheinungen angegeben werden.

Diese Eigenschaft spricht sich durch ein mehr oder weniger lebhaftes und verschieden gefärbtes Leuchten aus, das man im Dunkeln wahrnimmt und auf verschiedene Arten in den Mineralien hervorrufen kann, nämlich durch Reiben, Stoß oder Druck, durch Temperaturerhöhung und durch Aussetzen an die Sonne.

Phosphorescenz durch Reibung. — Es gibt Körper, an welchen schon die leichteste Reibung ein mehr oder weniger lebhaftes Leuchten hervorruft, z. B. gewisse Varietäten von der Zinkblende. Dagegen bedürfen andere einer ziemlich starken Reibung, z. B. der Bergkrystall, die meisten glasigen Substanzen, gewisse Marmorarten ꝛc., bei denen man oft zwei Stücke sehr stark aneinander reiben muß. In diesen verschiedenen Fällen erhält man immer in der Dunkelheit ein weißliches Licht. Aehnliche Wirkungen erzeugt der Stoß, besonders in den spaltbaren Stoffen; jeder Riß, den man darin hervorbringt, zeigt einige Augenblicke lang ein mehr oder weniger lebhaftes Licht, und wenn man sie in einem Mörser zerstößt, so scheint die Masse ganz in Feuer zu sein. Besonders merkwürdig ist in dieser Beziehung der durchsichtige Feldspath.

Phosphorescenz durch Wärme. — Die meisten Mineralsubstanzen erzeugen durch Temperaturerhöhung ein mehr oder weniger lebhaftes Leuchten. Es finden sich unter ihnen solche, welche hiezu eine ziem-

lich hohe Temperatur erfordern und die man daher in Schmelztiegeln sehr stark erhitzen muß; andere verlangen bloß eine dunkelroth Glühhitze und sogar oft noch einen weit geringern Hitzegrad. Unter diesen letzteren ist der Flußspath am merkwürdigsten. Es gibt auch Varietäten, aber freilich selten, die nur die mittlere Temperatur unseres Klima's nöthig haben, um immer im Dunkeln leuchten zu können; wiederum bedürfen andere bloß der Wärme der Hand. Auch solche finden sich, welche die Temperatur des kochenden Wassers erfordern; die meisten aber bedürfen der Dunkelrothglühhitze; die ersteren zeigen nur einen grünlichen Schein, die andern weit verschiedenartigere Farben.

Es ist zu bemerken, daß wenn die Bruchstücke dieser Substanzen der Rothglühhitze unterworfen werden, sie ihre natürlichen Farben und zugleich auch die Eigenschaft verlieren, bei niedrigern Temperaturen zu phosphoresciren. Sind diese Körper in einer gewissen Temperatur weiß geworden, so geben sie bei höheren Temperaturen nur noch einen weißen Schein von sich.

Die Phosphorescenz durch Wärme scheint in keiner Verbindung mit der Phosphorescenz durch Reibung zu stehen; die letztere bleibt immer, wenn auch die andere verloren gegangen ist. Einen großen Einfluß auf die Erzeugung dieser Phänomene hat die Beschaffenheit oder der Zustand der Oberflächen. Ein durchsichtiger Flußspathkrystall, welcher nicht phosphorescirt, thut es, sobald man eine seiner Flächen auf einem Sandstein schleift und ihn alsdann einige Sekunden lang auf eine heiße Platte legt. Im Allgemeinen besitzen die Krystalle, deren natürliche Flächen lebhaft und glänzend sind, keine Phosphorescenz, erhalten sie aber, wenn die Oberflächen matt gerieben werden und man sie in Stücke zerbricht. Merkwürdig ist es auch, daß sie oft phosphorescirend werden, wenn man sie auf die heiße Platte mit ihren sekundären Flächen

legt, während sie es nicht sind, im Fall man sie auf die primitiven Flächen legt. Der Diamant erhält Phosphorescenz, wenn er geschliffen ist, und hat keine, so lange er noch ein natürlicher Krystall ist.

Verschiedene physikalische Eigenschaften.

Elasticität.

§. 80. **Erklärung.** Viele Mineralien sind elastisch, d. h. ihre Moleküle besitzen die Eigenschaft, sich momentan zu verrücken und bald wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückzukehren. Diese Eigenschaft ist das Gegentheil von der Dehnbarkeit, wo die Moleküle, sobald sie einmal aus ihrer ursprünglichen Lage gekommen sind, in ihrer neuen verbleiben: diese Eigenschaft bemerkt man besonders bei den Metallen, die man deßhalb sogar schmieden, zu dünnen Blättern schlagen oder zu feinem Draht ziehen kann.

Die Elasticität äußert sich besonders in den Stäben oder Platten gewisser Körper, die mehr oder weniger gebogen werden können und dann wieder in ihren natürlichen Zustand zurückkehren. Diese Eigenschaft unterscheidet sie von vielen andern, die einfach biegsam sind und die Krümmung, die man ihnen künstlich gab, beibehalten.

Die der Steifigkeit entgegengesetzte Biegsamkeit, sie mag nun von der Elasticität begleitet sein oder nicht, läßt sich besonders bei solchen Stoffen bemerken, die sich natürlich in Blätter theilen oder sich in sehr feinen Fäden vorfinden; in einem sehr hohen Grade spricht sie sich bei den Substanzen aus, die man Asbest oder Amiant nennt und die nur Vereinigungen von feinen und wenig zusammenhängenden Fäden sind, welche man in verschiedenen Substanzen bemerkt, (§. 64.) Es gibt darunter Varietäten, die so geschmeidig als Seidewerg sind.

§. 81. **Elasticitätsaxen.** Was in Beziehung auf Elasticität bei den krystallisirten Körpern besonders merkwürdig ist, ist dies, daß diese Eigenschaft nicht in allen Richtungen gleich ist und daß es hier Maximum- und Minimum-Linien gibt, die man Elasticitätsaxen nennt. Dies spricht sich durch die Veränderungen der Temperatur aus; denn Mitscherlich bemerkte schon vor langer Zeit, daß die gegenseitigen Neigungen der Flächen eines Krystalls, der nicht dem regulären System angehört, alsdann merkliche Unterschiede darbieten, was nur von der Ungleichheit der Ausdehnung in verschiedenen Richtungen herrühren kann. Man nimmt dieselbe, und zwar auf eine sehr frappante Weise, durch die Art der Vibration der in verschiedenen Richtungen von einem Krystall abgeschnittenen Plättchen wahr, wie es Savart's Versuche beweisen.

Ein senkrecht zur Axe geschnittenes Scheibchen eines Rhomboeders gibt zwei Arten von Knotenlinien, jede aus zwei geraden rechtwinkeligen Linien zusammengesetzt (Fig. 368.), die deutlich den gleichen Ton erzeugen.

Eine parallel mit den Flächen abgeschnittene Scheibe bringt ebenfalls zwei Systeme von Knotenlinien hervor — das eine System ist rectangulär und das andere hyperbolisch (Fig. 369). Das rectanguläre gibt dann den tiefern Ton.

Wenn man ein Plättchen auf einer Seitenecke parallel mit den Flächen eines Rhomboeders, der dem vorigen entgegen ist (§. 24, 4), abschneidet, so erhält man gleichfalls zwei Knotensysteme, wovon das eine rectangulär, das andere hyperbolisch ist; aber einerseits treten die Gipfeln der Hyperbel weiter aus einander als die vorigen (Fig. 370), und anderseits gibt das rectanguläre System den höhern Ton.

Ist die an der Ecke abgeschnittene Platte mit der Axe parallel, so ergeben sich in den Knotenlinien

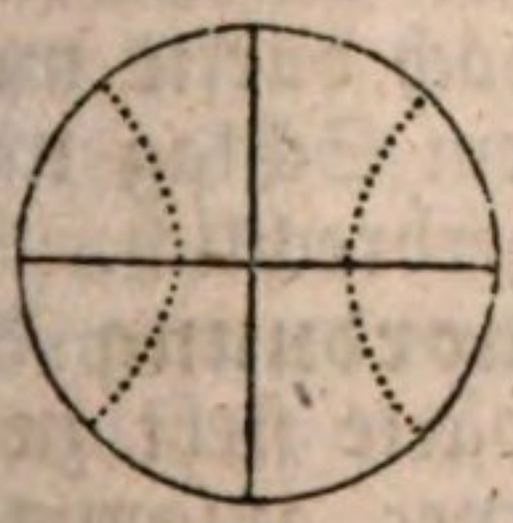
immer noch ein rectanguläres und ein hyperbolisches System; aber das erstere gibt den höheren Ton.

Wenn man aber die Plättchen auf den Seitenkanten und parallel mit der Axe abschneidet, so bieten sie zwei Systeme von hyperbolischen Knotenlinien dar (Fig. 371), welche verschiedene Töne geben.

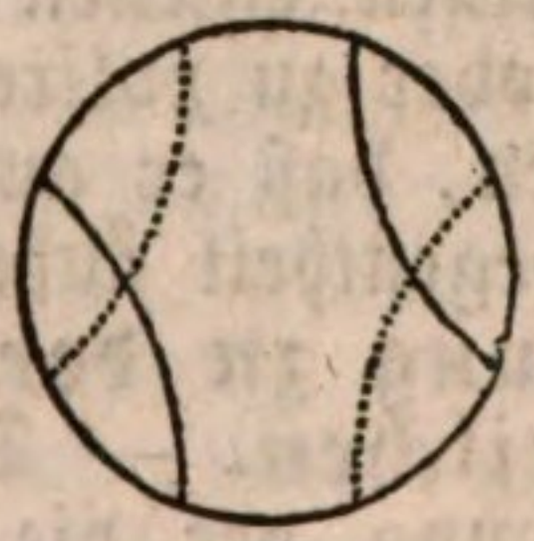
368.

369.

370.



371.



Anwendung. — Diese Versuche haben schon einigen Nutzen für die Kryſtallographie. Wenn ein rhomboedrischer Körper sich nicht spalten läßt, so kann man unmöglich die beiden Rhomboeder, welche einander entgegen, von einander unterscheiden, die er darstellen kann, weil sie alle beide gleiche Winkel haben; eben so wenig kann man ihre beiden Arten sechsseitiger Prismen von einander unterscheiden. Es wird nun stets etwas Leichtes sein, diese Körper zu erkennen, wenn man Plättchen parallel mit ihren Flächen abschneidet und sie vibriren läßt; denn bei dem geraden Rhomboeder gibt das rectanguläre Knotensystem den tieferen Ton, bei dem schiefen Rhomboeder den höheren. Das an den Ecken gebildete Prisma gibt ein rectanguläres und ein hyperbolisches System, dagegen bildet das andere zwei hyperbolische Systeme.

Härte.

§. 82. **Erklärung.** — Das Beiwort hart wendet man im technischen Leben auf sehr verschiedene Weisen an. Man sagt, ein Körper sei hart, bald, weil er dem Stoße widersteht, bald als Gegensatz von weich oder biegsam, und weil man ihn mit einem schneidenden Instrumente nicht sonst angreifen kann. In der Mineralogie versteht man unter Härte den größeren oder geringeren Widerstand, den ein Körper leistet, wenn man ihn durch einen andern Körper schneiden, ritzen oder schleifen will. In dieser Beziehung ist der Diamant der härteste Körper, weil er alle andern Körper ritzt oder abnützt, ohne durch irgend einen geritzt oder abgenützt zu werden; daher muß man seinen eigenen Staub anwenden, um ihn zu schleifen oder zu poliren; doch dürfte man deßhalb nicht glauben, daß er auch dem Schlag widerstände; er ist im Gegentheil äußerst zerbrechlich.

Beziehung zu der Anordnung der Elementartheilchen. — Die Härte steht zu der Form und Anordnung der die Körper zusammensetzenden Elementartheilchen in vielen Beziehungen. In einem und demselben Krystall ist sie nicht genau dieselbe in allen Richtungen; denn gewisse Flächen lassen sich leichter als die andern ritzen, so wie auch gewisse Ecken die Eigenschaft, diesen oder jenen Körper zu ritzen, in einem höheren Grade als die andern besitzen. Die krystallisirten Varietäten eines Körpers sind nicht mit denen vergleichbar, die gleichsam durch eine unordentliche, verworrene Zusammenhäufung entstehen. Auch ist die Härte nicht mehr im Fall eines Dimorphismus vergleichbar; so ritzt z. B. der Arragonit bedeutend den gewöhnlichen kohlensauren Kalk, während er von diesem nicht geritzt wird, und so ritzt auch der gehärtete Stahl den ausgeglühten und bietet allen Körpern, mit welchen man ihn abzunützen sucht, einen weit beträchtlicheren Widerstand entgegen.

Anwendung. — Man bedient sich der Härte, um verschiedene Körper von einander zu unterscheiden: auf diese Weise wird man immer den Diamant, welcher alle Körper ritzt, den Rubin und den Saphir, welche sie gleichfalls ritzen und nur durch den ersten geritzt werden, unterscheiden; und ebenso die Edelsteine von allen gefärbten Glasmassen, durch die man sie nachzumachen sucht, denn alle diese edlen Steine ritzen das Glas, während sie von diesem nicht geritzt werden: der krystallisirte, kohlensaure Kalk wird nicht mit dem Gyps verwechselt werden, den man selbst mit dem Nagel leicht ritzen kann. Doch ist die Unterscheidung für einige Extreme bloß scheinbar, und noch kennt man kein Mittel, um sie bei sehr verwandten, benachbarten Körpern zu schätzen. Man hat nun zur Vergleichung zehn Substanzen gewählt, die stufenweise härter werden, nämlich: 1) den Talk, 2) den Gyps, 3) den Kalk, 4) den Flußspath, 5) den Apatit, 6) den Feldspath, 7) den Quarz, 8) den Topas, 9) den Korund (Rubin und Saphir), 10) den Diamant. Man gibt alsdann die Härte eines Körpers durch zwischenliegende Zahlen an: so wird z. B. die Härte des Smaragds durch 7,8 ausgedrückt, was anzeigt, daß sie zwischen dem Quarz und dem Topas liegt.

§. 83. **Schlagen mit dem Feuerstahl.** — Zuweilen gibt man auch die Eigenschaft gewisser Körper, am Stahl Feuer zu geben, als ein unterscheidendes Merkmal an. Dies ist eine aus der Härte und Zähigkeit zusammengesetzte Wirkung: aus der Härte, weil die Substanz den Stahl muß angreifen können, wovon das schnell in die Luft geschleuderte Theilchen sich entzündet und den Funken erzeugt; — von der Zähigkeit, weil der Stein dem Schlag muß hinlänglich widerstehen können. Der Diamant gibt keine Funken, weil er, obgleich härter als alle andern Körper, allzu spröde ist; nicht so viele Funken als

der Feuerstein gibt der Bergkrystall, weil er, obgleich eben so hart, nicht so zähe ist.

Specifisches Gewicht.

§. 84. **Erklärung; Anwendung.** — Bei einem bestimmten Volumen hat jeder Körper sein eigenes Gewicht, oder mit andern Worten, sein specifisches Gewicht. So wiegt z. B. eine Bleikugel mehr als eine gleichgroße Marmorkugel, und diese mehr als eine gleichgroße Elfenbeinkugel 2c., ein Stück Gold mehr als ein Stück Silber von einem gleichen Volumen; und so ist es mit allen Körpern, weßwegen man sie von einander unterscheiden kann. Es gibt Körper, die dergestalt verschieden sind, daß man bloß zwei beinahe gleichgroße Stücke zu nehmen braucht, um sie sogleich von einander unterscheiden zu können. Man würde z. B. niemals das Platin mit dem Silber, das nur die Hälfte wiegt, verwechseln, noch mit dem Zinn, dessen Gewicht gar nur ein Drittheil von dem des Platins beträgt; auch das Gold nicht mit dem Messing, den Schwerspath mit dem Kalk, den Topas mit dem Bernstein; und noch eine Menge anderer Körper könnte man anführen. Doch gibt es sehr viele Mineralkörper, die weit weniger von einander verschieden sind und die man alsdann nur durch genaue Wägungen unterscheiden kann.

Mittel zur Bestimmung des specifischen Gewichtes. — Man ist übereingekommen, sämmtliche specifische Gewichte durch Vergleichung mit einem bestimmten Körper zu bestimmen, wozu man das Wasser wählte, einerseits weil es eine Flüssigkeit ist und weil man alsdann nach dem archimedischen Princip das Gewicht eines Volumens leicht finden kann, das genau dem eines andern Körpers gleich ist; anderseits, weil sich diese Flüssigkeit überall findet. Auch ist man übereingekommen, die Gewichtsbestimmungen bei einer Temperatur von 18° des hunderttheiligen Thermome-

ters und mit destillirtem Wasser vorzunehmen. Die in den Tabellen angegebenen Zahlen drücken demnach aus, daß die Körper, auf die sie sich beziehen, zweimal, dreimal, viermal ..... zwanzigmal 2c. schwerer sind, als das Wasser von gleichem Volumen, oder daß sie die Hälfte, den dritten, vierten, fünften Theil 2c. von dem Gewichte dieser Flüssigkeit wiegen.

Um das specifische Gewicht eines Körpers zu erhalten, wäge man ihn zuerst in der Luft, um sein absolutes Gewicht zu bekommen, hierauf im Wasser, um den Verlust, den er an Gewicht darin erleidet, kennen zu lernen, welches das Gewicht eines Volumens Wassers gibt, das mit dem seinen gleich ist, und nimmt das Verhältniß der beiden Zahlen. Auf diese Weise hat man die Tabellen der specifischen Gewichte verfertigt.

Bemerkungen. — Es ist zu bemerken, daß das specifische Gewicht in dem gleichen Körper mit den verschiedenen Strukturen, die dieser haben kann, sich abändert, weil diese Strukturen immer mehr oder weniger zahlreiche und zufällige kleine leere Räume erzeugen. Im Allgemeinen geben die kleinen Krystalle die größten specifischen Gewichte, da die großen Krystalle durch Gruppirungen sich bildeten, welche ebenfalls leere Räume hervorbringen. Um vergleichbare Gewichte zu erhalten, ist es das sicherste Mittel, diese Körper stets in grobes Pulver zu verwandeln, das man in warmes Wasser taucht, um die Luftbläschen, die daran hängen könnten, entweichen zu lassen. Durch dieses Mittel erhält man immer das gleiche specifische Gewicht, welches auch die Varietät des Körpers sein mag, an dem man den Versuch anstellt.

Für die Anwendung im Leben ist das specifische Gewicht eines Körpers mit seiner gewöhnlichen wahren Struktur nöthig, weil man desselben bedarf, um z. B. das Gewicht eines bestimmten Volumens von einem Körper zu berechnen, den man zu irgend einer

Construktion anwenden soll. Wenn in diesem Falle der Körper Wasser einzusaugen fähig ist, so muß man ihn nach der vollständigen Imbibition wägen, um das Gewicht des Wassers zu erfahren, das er in sich aufgenommen hat und dieses Gewicht zu dem beobachteten Verluste hinzufügen.

Elektricität und Magnetismus.

§. 85. **Geringe Bedeutung der Elektricität.** — Alle Mineralsubstanzen können entweder durch das eine oder andere bekannte Mittel elektrisch gemacht werden, und unterscheiden sich von einander im Allgemeinern sowohl hinsichtlich ihres Leitungsvermögens, als hinsichtlich der erhaltenen Elektricitätsart, oder durch die größere oder geringere Leichtigkeit, sie zu erhalten und durch die Zeit, während welcher sie dieselbe behalten.

Indessen haben diese Charaktere keinen großen Werth wegen der Schwierigkeit, die man heutzutage bei der Erklärung der zahlreichen Ausnahmen, welche sich darbieten, findet. Nicht immer erhalten die Kryställvarietäten dieselbe Elektricitätsart, wie die durch unregelmäßige Zusammenhäufungen erzeugten Mineralkörper. Es ist sogar der Fall, daß zwei Krystalle von einer gleichen Substanz verschiedene Elektricitäten annehmen und selbst ein Krystall durch die Reibung der einen Fläche eine Elektricitätsart erhält, während er durch Reiben einer andern Fläche eine entgegengesetzte Elektricität erhält, und zwar, ohne daß man mit dem Auge auch nur den geringsten Unterschied bemerken könnte.

Hinsichtlich der Leichtigkeit, elektrisch zu werden, finden bei den Mineralien große Unterschiede Statt; es gibt darunter solche (z. B. der Doppelspath und der Topas), die man so zu sagen, bloß berühren darf, während andere sich nur sehr schwer elektrisiren. Auch behalten diese nämlichen Substanzen die erhal-

tene elektrische Kraft mehrere Tage lang; andere, z. B. der Quarz und der Diamant, verlieren sie augenblicklich wieder. Diese Thatsachen würden ohne Zweifel von großer Wichtigkeit sein, wenn sie nicht ähnliche Ausnahmen, wie die vorigen, darböten.

Es finden sich auch solche Substanzen, welche die elektrische Kraft durch eine Temperaturerhöhung äußern; doch gibt es bei einer und derselben Art große Verschiedenheiten in Beziehung auf den Wärmegrad, wo das Phänomen sich äußert.

Man weiß bis jetzt noch nicht, woher alle diese Unterschiede rühren; es läßt sich bloß vermuthen, daß sie mit dem Zustand der Oberflächen, den man nicht gehörig zu beurtheilen weiß, oder im Allgemeinen mit dem Molekularzustand des Körpers in Verbindung stehen.

§. 86. **Polar-Elektricität.** Eine der merkwürdigsten Erscheinungen ist die Eigenschaft, die man bei gewissen Substanzen findet, den elektrischen Zustand durch eine gleichförmig wachsende Temperatur zu äußern, indem alsdann eine Elektricitätsart an dem einen Ende und eine von ihr verschiedene Elektricität an dem andern sich zeigt, oder, wie man sich auch sonst noch ausdrückt, elektrische Polen darbietet. Eine gleichförmig abnehmende Temperatur hat das Gleiche zur Folge, nur sind alsdann die Polen umgekehrt.

Sehr merkwürdig ist die Verbindung dieser Phänomene mit den krystallographischen Verhältnissen. Die Substanzen, welche die Polar-Electricität zeigen, (Boracit, Turmalin ꝛc.), bieten jene Eigenthümlichkeit dar, daß die beiden Polen, die in geometrischer Hinsicht identisch sind, ganz verschiedene Modifikationen darstellen (§. 44.); — ein Umstand, durch den man besondere Zusammensetzungsarten der Moleküle zulassen muß, die man vielleicht als Ursache von der elektrischen Erscheinung erkennen wird.

§. 87. **Elektroskop.** — Ungeachtet des geringen

Werthes der meisten elektrischen Erscheinungen erinnern wir doch an die Mittel, die zu ihrer Beobachtung angewandt werden. Um zu erfahren, ob ein Körper elektrisirt ist, hat man ihn bloß vor einen im natürlichen Zustande beweglichen Körper zu bringen, der alsdann angezogen wird. Um die Art der Elektricität kennen zu lernen, muß man dem beweglichen Körper eine bekannte Elektricität geben; wenn alsdann der elektrisirte Körper eine Zurückstoßung ausübt, so besitzt er die gleiche Elektricität, wie das Instrument; wenn er eine Anziehung ausübt, so besitzt er die entgegengesetzte Elektricität.

Ein irgendwo befestigtes Haar ist sehr bequem als natürlich beweglicher Körper zu gebrauchen, und ein anderes Haar, das an dem einen Ende einer Siegellackstange befestigt ist, die durch Reiben negativ elektrisch wird, ist Alles, was man zur Entdeckung der Elektricitätsart eines Körpers nöthig hat.

§. 88. **Magnetismus.** — Die Wirkung auf das Magnetstäbchen (Magnetnadel) ist außerordentlich begrenzt, denn bis jetzt fand sich nur das Eisen in der Natur in solchen Zuständen, wo es einige Wirkung erzeugen könnte. In dem einen dieser Zustände wirkt es rein nur durch Anziehung und auf die gleiche Weise auf den einen und andern Pol: es ist anziehbar. In den übrigen Zuständen (als schwarzes Eisenoxyd und magnetischer Schwefelkies) wirkt der gleiche Punkt des Minerals durch Anziehung auf den einen Pol und durch Abstoßen auf den andern; d. h. das Mineral hat selbst Polen.

Wirkung auf den Fühlsinn.

§. 89. **Leitungsvermögen.** — Die Mineralkörper besitzen für die Wärme sehr verschiedene Leitungsvermögen, was zur Folge hat, daß wenn sie in der Hand liegen, sie mehr oder weniger merkliche Eindrücke von Kälte erzeugen, deren man sich oft zu

ihrer Unterscheidung bedienen kann. Deßwegen wird man niemals den Bergkrystall mit dem Glas verwechseln, da der erstere eine Empfindung von Kälte bewirkt, welche fortdauernd ist, während das zweite eine wenig lebhafte und weniger lange anhaltende Empfindung erregt. In dieser Beziehung zeigen der Diamant, der Saphir oder der Rubin, der Topas, die kohlensauren und schwefelsauren Kalke, der Bernstein, die Erdharze, die Kohlensubstanzen sehr auffallende Unterschiede, durch welche sie sich unfehlbar erkennen lassen. Bei einiger Uebung vermag man durch dieses Mittel, mit welchem sich noch das specifische Gewicht verbindet, eine große Anzahl von Substanzen von einander zu unterscheiden, selbst ohne daß man sie betrachtet.

Es gibt auch Substanzen, welche ein Gefühl von Wärme erzeugen; aber dieser Eindruck ist das Resultat einer chemischen Wirkung und wird durch freie Säure hervorgebracht, die sich in verschiedenen Stoffen zerlegt und namentlich in den von den Solfataren herrührenden Substanzen finden.

§. 90. **Fettigkeit, Schärfe** (Rauhigkeit). Es sind Körper vorhanden, welche sich merkwürdig fett anfühlen lassen, besonders solche, die eine große Menge von Magnesia einschließen. Diese Eigenschaft ist besonders in einer gewissen Substanz sehr entwickelt, die man gerade deßwegen Speckstein oder Seifenstein nennt, und dessen Staub man zum Glätten der Stiefel anwendet. In geringeren Graden findet er sich bei vielen andern Stoffen, z. B. dem Graphit, woraus man die Bleistifte verfertigt; sodann bei verschiedenen Thonarten ꝛc., und was ziemlich wichtig ist, sie ändert sich in einer und derselben Substanz nur wenig ab, so daß man bei einiger Uebung durch dieses Mittel mehrere derselben ziemlich leicht erkennen kann.

Auch gibt es viele Körper, welche sich entweder

als Massen oder als Staub im Gegentheil rauh oder scharf anfühlen lassen, und die man daher unmöglich mit den vorigen verwechseln kann.

Zwischen den fett- und scharf anzufühlenden Körpern unterscheidet man noch die sogenannten mageren Körper. Dies sind gewöhnlich nach Wasser begierige Stoffe, welche augenblicklich die Feuchtigkeit, die sich an den Fingern findet, einsaugen und alsdann ein eigenthümliches Gefühl von Trockenheit erregen. Diese Stoffe unterscheiden sich zuweilen durch das Anhängen oder Ankleben an die Zunge, eine Art Adhäsion, indem sie sich der natürlichen Feuchtigkeit dieses Organes bemächtigen; diese Adhäsion ist manchmal von der Art, daß der zugleich wenig feste Stoff auf der Zunge einen Theil seiner Masse zurückläßt.

Geruch und Geschmack.

§. 91. Eigengerüche oder wesentliche Gerüche. — Die Gerüche sind im Mineralreich häufiger und zahlreicher als man gewöhnlich glaubt, und es gibt sehr viele Körper, die sich durch dieses Mittel erkennen lassen, welches besonders in den chemischen Versuchen für uns von großem Nutzen sein wird. Man unterscheidet Eigengerüche oder wesentliche Gerüche und zufällige Gerüche: die einen und andern äußern sich bald unmittelbar, bald durch Reiben, durch Erhöhung der Temperatur oder durch Verbrennung.

Die unmittelbaren Eigengerüche liefern uns das Naphta und das Steinöl, das Chlor, die schwefelige Säure und selbst gewisse Metalle, die sich durch dieses Mittel leicht unterscheiden lassen, wie z. B. das Zinn, das Eisen und das Kupfer. Viele andere Körper erzeugen durch die Verbrennung einen charakteristischen Geruch, z. B. der Schwefel und die Schwefelmetalle, das Selen, welches einen Rettiggeruch von sich gibt, der Arsenik, der einen sehr deutlich ausgesprochenen

Knoblauchgeruch entwickelt, der Bernstein und viele andere harzige Stoffe, die bald angenehm, bald unangenehm riechen; die Erdharze oder Bitumen, die einen eigenen Geruch, den bituminösen Geruch, von sich geben.

Auch durch das Reiben entwickeln sich gewisse Gerüche, wie z. B. in einigen Bernsteinarten, im Quarz und allen kieselsauren Stoffen, welche, aneindergerieben, immer einen eigenthümlichen Geruch erzeugen. Auch die Einblasung entwickelt auf mehreren erdigen Substanzen verschiedene Arten von Gerüchen; man wird z. B. mittelst dieses Charakters nicht die Kreide, den Trippel, die erdige Magnesia, die kölnische Erde ꝛc. mit einander verwechseln.

§. 92. **Zufällige Gerüche.** — Viele Substanzen zeigen Gerüche, die beigemengten fremden Körpern zugeschrieben werden müssen oder in ihren Poren zurückgehalten werden. Es gibt darunter solche, die alsbald frei werden, wenn die Substanzen aus dem Schooße der Erde hervorgezogen werden und nach einer gewissen Zeit verschwinden; am öftesten aber äußern sie sich erst durch das Reiben. Viele Kalksteine entwickeln alsdann einen stinkenden, bituminösen und thierischen Geruch, wie es z. B. bei dem sogenannten kleinen Granit, einer gewissen Marmorart, stattfindet, womit die meisten Meubles heutzutage bedeckt sind. Einige andere Substanzen riechen nach Schwefelwasserstoff und selbst nach Arsenikwasserstoff. Diese Gerüche kommen oft von der Zersetzung organischer Stoffe her, welche in die Erde vergraben worden sind; es ist aber zu bemerken, daß sich ähnliche Gerüche in Substanzen, selbst krystallinischen, erzeugen, welche sich in wahrscheinlich durch das Feuer gebildeten krystallinischen Gesteinen finden und alsdann andern Ursachen zugeschrieben werden müssen.

§. 93. **Geschmäcke.** — Nur auflösliche Substanzen können einen Geschmack besitzen; solcher Substanzen

finden sich aber nur sehr wenige in der Natur, weil sie früher oder später von dem Gewässer aufgelöst werden. Daher ist dieser Charakter, so nützlich er auch für die Unterscheidung der künstlichen Salze ist, nur von geringem Werth in der Mineralogie. Wir begnügen uns, den sauren Geschmack, den gewisse Wasser von der Schwefel- und Chlorwasserstoffsäure haben, den salzigen Geschmack, den das Kochsalz zeigt, den zusammenziehenden Geschmack der schwefelsauren Thonerde, des Eisenvitriols (schwefelssauren Eisenoxydes), des Zinkvitriols (schwefelsauren Zinkoxydes) und des Kupfervitriols (schwefelsauren Kupferoxydes), die man hin und wieder als Anflug findet, und endlich den alkalinischen Geschmack des einfach kohlensauren Natrons, hier anzuführen.

Zerfließbarkeit und Verwittern.

§. 94. Die Zerfließbarkeit ist das Vermögen, welches gewisse Körper besitzen, die Feuchtigkeit der Atmosphäre anzuziehen und sich in dem Wasser, das sich daraus ergibt, aufzulösen. Das Kochsalz ist zwar leicht zerfließbar, aber viele Salze sind es in einem weit höheren Grad, und dies ist auch ohne Zweifel der Grund, warum man sie nicht auf der Erdoberfläche findet; sie wurden alle in die verschiedenen Meere geführt, wo die meisten sich in Verbindung mit Chlor finden.

Das Verwittern ist die Eigenschaft gewisser Körper, in Staub zu zerfallen; sie rührt oft von dem Verluste einer gewissen Wassermenge und daher von einer chemischen Veränderung her. Dies ist z. B. bei dem kohlensauren, schwefelsauren und phosphorsauren Natron der Fall. Indessen gibt es auch Fälle, wo sich die Sache anders verhält, und wo der Körper in Staub zerfällt, ohne etwas von seiner Zusammensetzung zu verlieren. Man nimmt alsdann an, daß

das Phänomen des Verwitterns von einer Veränderung in der geometrischen Anordnung der Moleküle herrühre, indem man sich hiebei auf das stützt, daß die der gewaltsam erzwungenen Krystallisation unterworfenen Salze ihre Form nicht lange behalten können, und daß mehrere andere, einer mehr oder weniger hohen Temperatur überlassenen Salze in ihrem Innern Risse haben, deren Richtung sich auf ein anderes Krystallsystem bezieht, und die ihre Cohäsion vermindern und in kurzer Zeit die Verwandlung in Staub gestatten.

Chemische Busammensetzung der Mineralien.

§. 95. **Natürliche einfache Körper.** Einige derjenigen Körper, die man nach dem jetzigen Stand der Wissenschaft als einfach betrachtet, finden sich ziemlich häufig im freien Zustand in der Natur vor. Diese sind gegenwätig folgende:

Antimon.	Kupfer.	Schwefel.
Arsenik.	Palladium.	Silber.
Chlor.	Platin.	Stickstoff.
Gold.	Queckfilber.	Tellur.
Kohlenstoff.	Sauerstoff.	Wismuth.

Alle andern sind immer nur als Verbindungen von zwei zu zwei, drei zu drei ꝛc. beobachtet worden; und nur auf künstlichem Wege vermochte man sie im Zustande der Reinheit zu erhalten. Diese außerordentlich mannigfaltigen Verbindungen bilden eine sehr große Anzahl von Körpern, womit der Mineralog sich zu beschäftigen hat.

Es gibt drei wesentliche Theile in den Untersuchungen zu unterscheiden, die nothwendig sind, um die

verschiedenen Zusammensetzungen, welche bei den Mineralien vorkommen können, kennen zu lernen und zu vergleichen:

1) Der chemische Versuch, welcher zur Kenntniß der Natur und Anzahl der einen Körper zusammensetzenden Elementen führt;

2) die Analyse, welche die Bestimmung der Gewichte der relativen Mengen jedes Körpers zum Gegenstande hat, und

3) die Erörterung (Auseinandersetzung) der Analysen, welche, indem sie von den bekannten allgemeinen Gesetzen ausgeht, die in der Zusammensetzung der Körper herrschen, die Ausschließung dessen zum Gegenstand hat, was Zufälliges darin vorkommen kann.

§. 96. **Elektro-positive und elektro-negative Körper.** — Erinnern wir uns der allgemeinsten Principien der Zusammensetzung der Körper. Wenn man durch die Wirkung einer Volta'schen Säule eine zuvor gemachte Verbindung wieder zerstört, so beobachtet man immer, daß einer der Bestandtheile, sei er nun einfach, oder sei er aus mehreren Elementen gebildet, sich nach dem positiven Pole begibt, und dagegen der andere zum negativen, woraus man nun schloß, daß der erstere für sich selbst die negative Elektricität besaß, vermöge welcher er vom positiven Pole angezogen und festgehalten wurde, während der andere die positive Elektricität besaß. Deßwegen nannte man die ersteren Körper elektro-negativ, und die andern Körper elektro-positiv. Die Verbindung wurde als das Resultat dieses Gegensatzes betrachtet; auch nahm man an, daß zwischen den Körpern jedesmal dann eine Verbindung stattfinde, wenn der eine elektro-negativ wäre in Beziehung auf den andern, der alsdann elektro-positiv ist, und daß dagegen keine Verbindung zwischen zwei Körpern von einem und demselben elektrischen Zustand stattfinde, und daß zwi-

schen zwei in dieser Hinsicht nicht sehr verschiedenen Körpern die Verbindung auch nur einen geringen Bestand habe.

Unter den einfachen Körpern sind folgende die elektro-negativesten Stoffe: der Sauerstoff, das Chlor, das Brom, das Jod, das Fluor, der Arsenik, das Selen, das Antimon, das Tellur, das Queckſilber ꝛc., worunter der erstere der am meisten elektro-negative ist. Unter den oxydirten Körpern sind diejenigen, welche die größte Menge Sauerstoff enthalten am öftesten elektro-negativ im Vergleiche mit solchen, die eine geringere Menge dieses Stoffes einschließen; die mit sauren Eigenschaften begabten Stoffe sind im Allgemeinen die stärksten elektro-negativen Körper und verbinden sich mit den meisten andern.

Nach diesem unterscheidet man immer zwei Arten von Körpern in einer Verbindung, wie zusammengesetzt sie auch sein mag: nämlich die elektro-negativen, die man öfters bei den oxydirten Körpern Säuren nennt, und die elektro-positiven, die man allgemein Basen heißt.

Chemische Untersuchung der Mineralien.

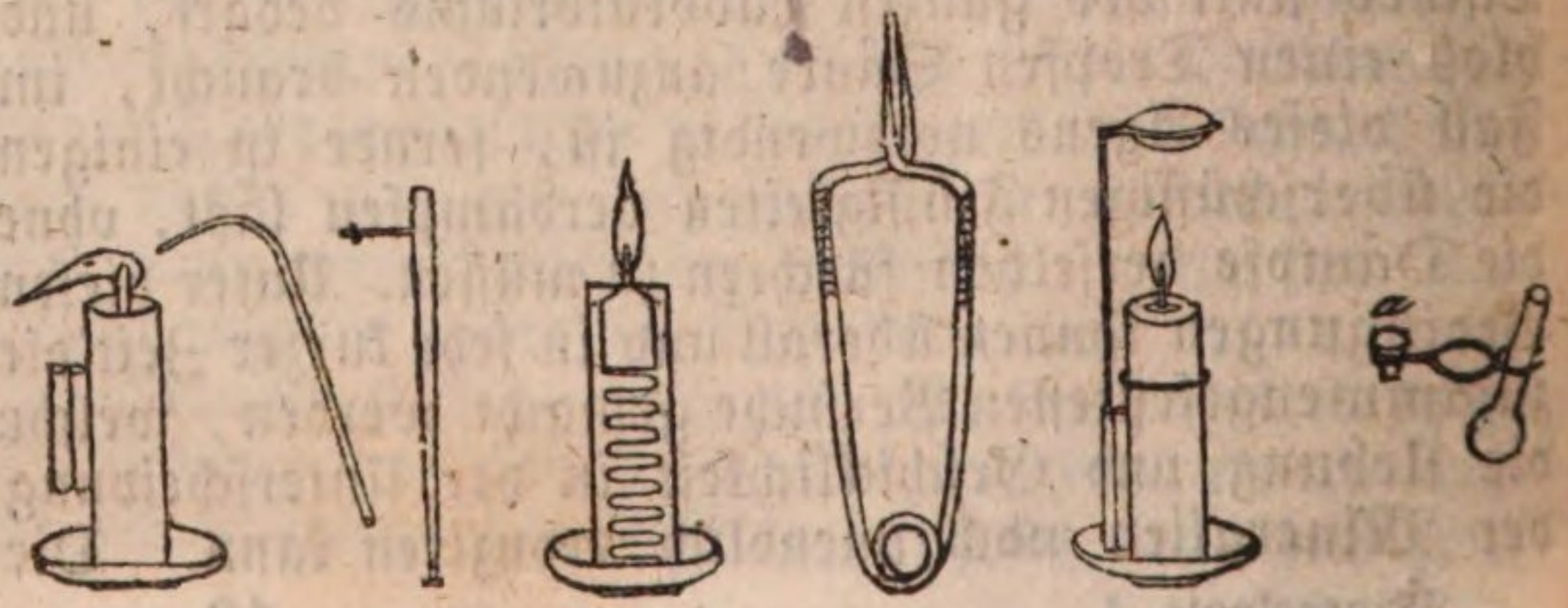
§. 97. **Allgemeine Bemerkungen.** — Die zur Entdeckung der Natur der Körper erforderlichen Operationen können stets an unendlich kleinen Theilen vorgenommen werden, so daß man bloß eines kleinen Tisches statt des ganzen Laboratoriums bedarf, und bloß einen Tropfen Säure anzuwenden braucht, im Fall dieses Agens nothwendig ist, ferner in einigen die überschüssigen Flüssigkeiten verdampfen läßt, ohne die Dämpfe derselben fürchten zu müssen. Unter diesen Bedingungen können überall und in sehr kurzer Zeit die zusammengesetztesten Versuche gemacht werden, welche die Uebung und Geschicklichkeit in der Unterscheidung der Mineralien noch unendlich reduziren kann. Die

dazu erforderlichen Instrumente, Gefäße, Reagentien sind alsdann so klein, daß man sie ganz leicht mit auf die Reise nehmen kann.

Instrumente. — Um die Körper entweder für sich allein oder mit Reagentien zu schmelzen, bedient man sich des Löthrohrs, einer gekrümmten Röhre, die von vielen Feuerarbeitern zum Schmelzen der Metalle angewandt wird; man richtet deren Spitze auf die Flamme einer Lampe oder einer Kerze und läßt, indem man bläst, eine äußerst intensive Flammenspitze hervortreten (Fig. 372), vor welcher sehr viele Mineralien schmelzen. Sehr empfehlenswerth ist ein aus einer kegelförmigen Röhre von Eisenblech und einem kleinen Querrohr, das in einer gewissen Entfernung von dem Grundtheile der ersteren sich befindet, gebildetes Löthrohr (Fig. 373), da es, wenn ein wenig Speichel hineinkommt, denselben nicht auf den zu schmelzenden Körper bläst: dieser Speichel tröpfelt leicht aus der Röhre, wenn man dieselbe umkehrt.

Als Leuchter kann man sich einer Röhre aus Eisenblech bedienen, die innen eine Feder enthält (Fig. 374), auf welche man ein Lichtstümpchen setzt, dessen Docht aus der Oeffnung tritt. Der obere Theil dieser Röhre muß einen hohlen Raum darstellen, den man mit Unschlitt anfüllt, welches das Licht vor einer allzustarken Hitze verwahrt.

372. 373. 374. 375. 376. 377.



Bemerken wir jetzt, daß man durch Erhitzung eines Körpers an der Spitze der Flamme in Berührung mit der Luft denselben mehr und mehr oxydirt, d. h. wenn er überhaupt der Oxydation fähig ist; erhitzt man ihn dagegen im Innern der Flamme, von der er sich dann von allen Seiten umgeben findet, so desoxydirt er sich. Von diesen beiden Operationen heißt die erstere der Versuch in der Oxydationsflamme, die zweite der Versuch in der Reduktionsflamme.

Um einen Körper der Wirkung des Feuers zu unterwerfen, faßt man ihn zuweilen mit dem Ende einer Zange (Fig. 375), die aus einem nach Art einer Feder gewundenen Eisendraht besteht, dessen beide Enden Platindrähte tragen. Oefter noch legt man den Körper auf eine Kohle oder auch auf eine dünne Platinplatte, welche man in Form einer Kapsel an dem einen Ende ausbaucht, um so leichter mit den Reagentien operiren zu können. In diesem letzteren Falle wendet man zuweilen sehr kleine Kapellen an, die man in ein Loch setzt, das man in ein Stückchen Kohle gemacht hat, und auf welche man die zu untersuchende Substanz mit dem Flußmittel legt. Diese Versuchsart hat den Vortheil, daß man das Ergebniß des Versuches aufbewahren kann, indem man alsdann die Kapelle auf Pappe aufklebt.

Wenn es sich um die Verdampfung der Flüssigkeiten handelt, so bedient man sich sehr kleiner und dünner Schalen aus Porzellan, oder besser noch aus Platin, die man auf einen unter einem rechten Winkel gebogenen Eisendraht bestehenden und ringförmig endenden Träger legt, der mit seinem vertikalen Theil an den Leuchter angebracht ist (Fig. 376).

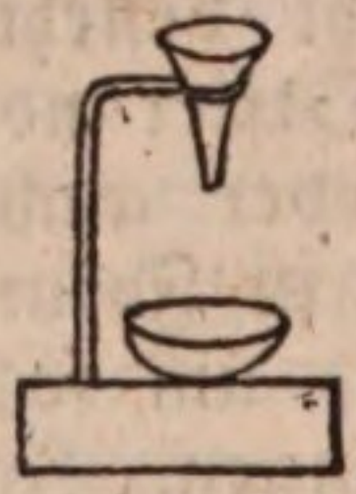
Hat man eine Substanz im Warmen durch eine Säure zu behandeln, so wendet man zur Vermeidung einer allzuraschen Verdampfung ein kleines Glaskölbchen (Fig. 377) oder auch bloß eine am Ende geschlossene gerade Röhre an; diese Röhre hält man an

die Flamme mit einer Zange aus Eisendraht, die man an einen Pfropf a befestigt, welchen man an den Arm des vorhin beschriebenen Trägers befestigt.

Um die Stoffe zu sammeln, die durch die Hitze sublimiren können, gebraucht man gebogene und an dem kürzeren Ende geschlossene Röhren (Fig. 378), in welches man das Versuchsstück bringt; hierauf erhitzt man diesen Theil (der Röhre) mehr oder weniger; die verflüchtigte Substanz condensirt sich im oberen Theil, den man in der Hand hält.

378.

379.



380.

381.

382.

Häufig sind die im Körper eingeschlossenen Stoffe nicht unmittelbar flüchtig, können es aber durch die Oxydation werden; man wendet hiezu eine offene Röhre an (Fig. 379), in deren unteres Ende man die Substanz bringt, und erhitzt sie in der Oxydationsflamme. Die so gebildete flüchtige Substanz begibt sich alsdann in den oberen Theil und setzt sich darin ab; oder, wenn dies nicht geschieht, erkennt man ihre Gegenwart an dem Geruch, der sich entwickelt.

Ist eine Filtration unumgänglich nothwendig, was man übrigens im Allgemeinen vermeiden muß, so bedient man sich eines sehr kleinen Glastrichters, in welchen man eine Papiertüte legt. Man hält den Trichter mit einem knieförmig gebogenen Eisendraht, der in einen Ring ausläuft und mit seinem andern Ende in eine Korkplatte eingesenkt ist, die zugleich als Träger für die Schale dient, welche die helle Flüssigkeit

aufnimmt (Fig. 380). Beim Abklären der Flüssigkeit vermeidet man beinahe immer das Filtriren; zu diesem Zwecke legt man in die Schale, welche sie enthält, einen kleinen Streifen Fließpapier (a, Fig. 381), der dann den Dienst eines Hebers thut. Will man einen Niederschlag waschen, so stellt man eine Schale mit destillirtem Wasser unter die erstere Schale und vermittelt das Fließen durch einen andern Heber.

Verbinden wir mit diesen kleinen Instrumenten noch ein kleines Glas mit einem Fuß, dessen man übrigens selten bedarf, ferner etliche kleine Uhrgläser, Glas-, Kupfer-, Zinn-, Zink- und Eisenstäbe, deren Gebrauch wir später sehen werden; ferner einige Glasstäbe zum Umrühren. Nicht unnützlich ist ein kleiner Hammer zum Abschlagen eines Theilchens von dem zu untersuchenden Mineral, wenn es hart ist. Ein kleiner Agatmörser sammt Stempel ist etwas Bequemes für die Verwandlung der harten Körper in Pulverform; man kann ihn aber auf verschiedene Weise auch durch etwas ersetzen.

Endlich wird man sich die ganze Reihe der Agentien verschaffen, deren wir uns bedienen werden und wovon die meisten, wenn man will, im festen Zustand genommen werden können.

Allgemeiner Gang der Versuche. — Um möglichst schnell zur Kenntniß der Zusammensetzung eines Körpers zu gelangen, muß man bei den Versuchen nothwendig einen regelmäßigen Gang befolgen. Unter allen Methoden, die man sich etwa denken kann, habe ich diejenige vorgezogen, die darin besteht, daß man zuerst die Natur des elektro-negativen Körpers, den die Substanz einschließen kann, untersucht und alsdann zur Aufsuchung der Basen schreitet. Ich begnügte mich einzig und allein damit, hiezu den trockenen oder den nassen Weg anzuwenden; habe aber diese beiden Untersuchungsmittel mit einander verbunden, um die Unsicherheiten des einen oder an-

dern zu heben und sowohl Langwierigkeit als Schwierigkeiten zu vermeiden. Ich beginne mit sehr einfachen Versuchen, welche zur Erkennung vieler Körper ausreichen und gehe nur zuletzt an complizirtere, die sich glücklicherweise auf Substanzen beziehen, die man seltener findet.

Man beginnt oft mit der Untersuchung, ob der vorgesetzte Körper schmelzbar oder unschmelzbar sei, was manchmal hinreicht, um sich zwischen einigen Substanzen zu entscheiden, zu deren Vermuthung man schon durch die bloße Betrachtung des Minerals geführt wird. So kann man sich z. B. zwischen einem Rubin und einem Granat entscheiden, insofern der erstere unschmelzbar, der zweite schmelzbar ist, oder auch zwischen dem Bergkrystall und dem farblosen Smaragd, bei denen das Gleiche stattfindet; zwischen dem Platin und Silber ꝛc. Indessen gibt dieser Versuch nichts Bestimmtes in Beziehung auf die Natur des Körpers, die man noch aufmerksamer untersuchen muß.

Die Reagentien, deren man sich bedient, müssen möglichst rein sein, und der größten Aufmerksamkeit bedarf es, um sie nicht zu verunreinigen, sei es dadurch, daß man die Stöpsel zufällig auf Körper legt, die daran hängen bleiben könnten, sei es, wenn man die Röhren hin und her trägt, deren man sich bedient, um sie von einer Flasche in die andere zu bringen, ohne sie vorher ganz sauber gemacht zu haben. Um das Letztere zu vermeiden, muß jeder Becher oder jede Flasche ihre besondere Röhre haben, die an den Stöpsel befestigt ist, selbst wenn dieser aus Kork besteht; dann muß man auch sorgfältig jeden Stöpsel an seinen gehörigen Ort thun, weßhalb Alles numerirt sein sollte. Niemals darf man die zu untersuchenden Flüssigkeiten mit den Röhren berühren, sondern bloß die Reagentien, die sich daran befinden, hineinfallen lassen.

Um die Säuren und flüssigen Reagentien einzuschließen, ließen wir Flaschen machen, die in eine Spitze mit einer äußerst engen Oeffnung ausliefen, die von einer aufgeschliffenen Glaskapuze bedeckt sind, (Fig. 382.) Will man sie anfüllen, so hat man sie bloß zu erwärmen und hierauf die Spitze in die Flüssigkeit zu tauchen. Um sich ihrer zu bedienen, nimmt man sie in die Hand, deren Wärme schon hinreichend ist, um die Luft in ihnen auszudehnen, und einen Flüssigkeitstropfen hineinfallen zu lassen, wenn man sie umkehrt. Diese Flaschen lassen keinen Dampf entweichen, wenn man die Kapuze sorgfältig mit Fett einschmiert.

Untersuchungen (Aufsuchung) der elektro-negativen Körper.

§. 99. Nach dem jetzigen Stand der Wissenschaft gibt es sieben Hauptversuchsarten, um die Natur der elektro-negativen Principien aufzudecken, welche in einer natürlichen Zusammensetzung vorkommen, nämlich:

1) Erhitzt man den Körper in einer geschlossenen Röhre, so erkennt man:

Hydrate	an Wassertröpfchen. *
Queckſilberhaltige Stoffe	an Queckſilbertröpfchen.
Antimonoxyd	an einem nicht kryſtalliniſchen Sublimat, das durch Erhitzung von einem Punkt zum andern ſich verflüchtigen laſſen kann.

* Das Mineral kann unabhängig vom Waſſer einen andern elektro-negativen Körper einſchließen.

Man kann dieſes Waſſer unterſuchen, wenn man in die Röhre ein reagirendes Papierſtreifchen bringt. Das Lackmuspapier zeigt, wenn es ſich röthet, eine Säure an; das Fernambukpapier zeigt auf eine eigenthümliche Weiſe, wenn es eine ſchöne gelbe Farbe annimmt, die Fluorwaſſerſtoffſäure an. Das Kurkuma wird durch die Alkalien roth.

2) Man erhitze ihn in einer offenen Röhre, um zu entdecken, was die Oxydation hervorbringen kann; man unterscheidet alsdann:

Selenverbindungen (Seleniüre)	durch den Geruch nach verfaultem Kohl.
Arsenik und Arsenikverbindungen (Arseniüre)	durch den Knoblauchgeruch.
Antimon und Antimonverbindungen (Antimoniüre)	durch weiße Dämpfe, welche ein Sublimat bilden, das sich von einem Punkt der Röhre bis zum andern verflüchtigen kann.
Tellur und Tellurverbindungen (Telluriüre)	durch einen weißen Dampf, welcher, nachdem er sich abgesetzt hat, durch die Hitze in der Röhre zu durchsichtigen Tröpfchen geschmolzen werden kann.
Schwefel und Schwefelverbindungen (Sulfüre)	durch den Geruch nach verbranntem Schwefel. *

3) Man erhitze das Mineral in einer geschlossenen Röhre, nachdem es zuvor in Pulver verwandelt und mit Kohlen gemengt worden ist, die gewisse Körper desoxydirt, so wird man erkennen:

die arsenige Säure die arsenigsauren und die arsenikfauren Salze (Arsenite und Arseniate)	an dem Knoblauchgeruch.
Die Schwefelsäure .	an dem Geruch nach verbranntem Schwefel.
Einige schwefelsaure Salze (Sulfate) . . .	an dem Geruch nach verfaulten Eiern.
Die salpetersauren Salze (Azotate) . . .	weil sie während der Operation zerfließen. **

* Gewisse Schwefelverbindungen erzeugen diese Wirkung nicht, und werden dann nur durch die vierte Untersuchungsart erkannt.

** Einige Oxyde werden bei dieser Behandlung reducirt; doch werden wir uns dieser Eigenschaft nicht bedienen.

4) Man erhitze den Körper mit einer Mischung von Kohle und einfach kohlensaurem Natron, um dadurch eine Desoxydation und eine neue Verbindung zu bewirken; in diesem Falle unterscheidet man:

Sulfate und Sulfüre an dem Geruch des Residuums nach verfaulten Eiern, oder durch das Freiwerden von Schwefelwasserstoffgas durch die Einwirkung gesäuerten Wassers. *

5) Man lasse die Salpetersäure auf den Körper einwirken, mit deren Hülfe man erkennt:

die kohlensauren Salze (Carbonate) . . . . . an dem Aufbrausen, das sich sowohl kalt als heiß bildet.

Einige borsaure Salze (Borate) . . . . . an einem weißen Niederschlag, welcher dem Alkohol die Eigenschaft verleiht, mit grüner Flamme zu brennen.

Einige Silikate . . . . welche ein Gelee bilden, das nichts anderes ist, als ein galertartiger Niederschlag von Kieselerde.

6) Man schmelze den Körper mit doppeltphosphorsaurem Natron und doppeltphosphorsaurem Amoniak ** um zu entdecken:

das Fluor . . . . . an den Dämpfen, welche das Glas angreifen und das Fernambukpapier roth färben (wenn man in der offenen Röhre die Operation macht), oder an einem durch die Zerfressung gebildeten Ring um das Versuchsstück herum (in der geschlossenen Röhre).

Das Chlor . . . . . wenn man zuerst das Doppelsalz mit ein wenig Kupferoxyd zusammenschmelzt und hierauf die der Untersuchung unterworfene Substanz zusetzt. Ist Chlor dabei, so färbt sich die Flamme purpur-blau. ***

* Die Schwefelverbindungen lassen sich daran erkennen, daß sie die gleiche Wirkung ohne Zusatz von Kohlen erzeugen

** Das Amoniak wird alsdann frei und die freigewordene Phosphorsäure reagirt nur auf den Körper. Es gibt hier einen Versuch auf trockenem Wege mittelst einer Säure.

*** Das §. 100, 4 bezeichnete Brom erzeugt ebenfalls eine blaue Flamme. Das Jod eine grüne.

7) Man erhitze den Körper oder man schmelze ihn wirklich, mit einfach kohlensaurem Natron, um gewisse Salze durch einen Austausch der Basen. Die Säure des Minerals tritt zum Natron über, und bildet ein neues Salz, welches ein in Wasser lösliches oder unlösliches Salz ist.

Bildet sich ein lösliches Salz, so fügt man zu der Auflösung ein wenig Säure hinzu, um das überschüssige einfach kohlensaure Natron zu zerlegen, und man findet alsdann:

Phosphorsäure . . .	wenn die Flüssigkeit durch salzsaures Silber einen gelben Niederschlag bildet.
Chromsäure	wenn sie einen rothen Niederschlag bildet.
Vanadinsäure . . .	bei gelbem Niederschlag, der schnell weiß wird.
Molybdänsäure, Scheelsäure und Tantalsäure	wenn die Auflösung auf Zinn blau wird. *
Kieselerde (Kieselsäure)	wenn die nicht mehr auf Zinnblau werdende Auflösung durch Zusatz einer Säure entweder sogleich oder während der Verdampfung einen weißen Niederschlag gibt.

Wenn das, was aus dem Versuche hervorgeht, im Wasser auflöslich ist, so kann er sich mehr oder weniger leicht in Chlorwasserstoffsäure auflösen, und man erkennt alsdann:

die Kieselerde . . .	wenn die verdampfte und durch das Wasser von Neuem gebildete Auflösung einen Bodensatz läßt, welcher durch die Zusammenschmelzung mit dem doppeltphosphorsauren Salz keine Farbe zeigt.
Titansäure	wenn der Bodensatz, der sich bei diesem Versuche gebildet hat, mit einem

* Die Auflösung gibt durch eine Säure einen weißen Niederschlag. Untersucht man diese Niederschläge, so kann man die drei Körper unterscheiden. Die Molybdänsäure bildet mit doppeltphosphorsaurem Natron und doppeltphosphorsaurem Ammoniak zusammengeschmolzen ein grünes Glas. Die Scheelsäure erzeugt ein blaues und die Tantalsäure ein grünes Glas.

doppeltphosphorsauren Kalk in der Reduktionsflamme ein violettes Glas gibt.

Thonerde . . . . . wenn kein Bodensatz gebildet wird, und wenn die Auflösung durch Ammoniak einen flockigen Niederschlag gibt, der in kaustischem Kali löslich ist.

§. 100. Bemerkungen über diesen Versuch.

Wir werden hier einige an den Versuchen gemachte Beobachtungen, die wir für die Untersuchung der elektro-negativen Körper angaben, und Beobachtungen an andern, die man noch machen könnte, zusammenstellen:

1) Wenn man das Mineral in einer geschlossenen Röhre erhitzt, so kann man auch noch mehrere andere Körper erkennen, nämlich:

Selenverbindungen (Seleniüre) . . . . . an einem rothen Sublimat.

Arsenik und Arsenikverbindungen (Arseniüre) . . . . . an einem Sublimat aus kleinen Metallkrystallen.

Arsenige Säure und arsenigsaure Salze (Arsenite) . . . . . an einem Sublimat aus kleinen weißen Krystallen.

Tellur und Tellurverbindungen (Telluriüre) an einem grauen, nicht krystallinischen Sublimat.

Doch lassen sich diese Körper noch leichter durch die zweite Untersuchungsart unterscheiden, §. 99.

2) Durch Erhitzung in einer geschlossenen Röhre in Verbindung mit Kohle kann man die antimonige und die Antimon-Säure erkennen, die alsdann die Charaktere des Antimonoxydes zeigen (§. 99, 1).

3) Auch könnte man den Körper mit salpetersaurem Kali erhitzen und man würde alsdann folgende Stoffe entdecken:

die Kohle . . . . . weil die Mischung auch während der Operation schmilzt.

Das Osmium . . . . weil die Verbindung des Osmium mit Iridium da, wo sie sich findet, einen weißen Dampf gibt, welcher nach Chlor riecht; der schwarze Rückstand gibt mit Chlorwasserstoffsaure (Salzsäure) die charakteristische blaue Farbe des Iridiums.

4) Man könnte auch die Körper mit Schwefelsäure in der geschlossenen Röhre behandeln und würde dann erkennen:

Das Fluor . . . . . an den Dämpfen, welche das Glas angreifen.

Das Jod . . . . . an den violetten Dämpfen.

Das Chlor . . . . . an dem eigenthümlichen Geruche, der sich bildet, wenn der Körver zuvor mit Maganſuperoxyd gemischt worden ist.

Das Brom . . . . . an den röthlichen Dämpfen, die in Folge einer solchen Mischung frei werden.

Die Salpetersäure . an den röthlichen Dämpfen, die sich entwickeln, wenn man Kupferfeilspäne zugesetzt hat.

5) Die Chromite erzeugen, wenn sie bei der siebenten Versuchsart im Oxydationsfeuer behandelt werden, die gleichen Resultate wie die Chromate. Um sie zu unterscheiden, muß man den gleichen Versuch in einer geschlossenen Röhre wieder beginnen; die Substanz, die man erhält, ist grün, wenn die Substanz ein Chromit ist; gelb, wenn sie ein Chromat ist.

Aufsuchung der Basen.

§. 101. Schon durch die vorhergehenden Versuche wird man die Gegenwart des Arseniks, Antimons und Selens entdeckt haben, wovon besonders die beiden ersten auch zuweilen — namentlich in den Schwefelverbindungen — Basen bilden. Hinsichtlich der übrigen Körper hat man sechs Hauptversuchsarten anzustellen.

1) Man erhitzt die Substanz auf der Kohle in der Reduktionsflamme, um zu entdecken das Vorhandensein des

Cadmiums . . . . . durch den orangegelben Lichtschein, der sich gleich beim Beginn des Versuches zeigt.

2) Man erhitzt sie auf einer Plattinplatte mit einfach kohlensaurem Natron und entdeckt alsdann:

Mangan . . . . . wenn die geschmolzene Masse grün aussieht.

Chrom . . . . . wenn die geschmolzene Masse abwechslungsweise grün in der Reduktionsflamme und gelb im Oxydationsfeuer wird.

3) Man schmelzt die Substanz mit Borax zusammen, nachdem sie vorher in der Oxydationsflamme geröstet worden; alsdann wird man auch die geringsten Spuren von

Kobalt . . . . . durch die blaue Farbe des erhaltenen Glases entdecken.

4) Behandelt man das Mineral mit Salpetersäure entweder unmittelbar oder nach der Behandlung mit einfach kohlensaurem Natron (§. 99, 7).

Wenn der Körper nicht oxydirte Stoffe enthält, so nimmt man dieselben alsbald durch die röthlichen Dämpfe wahr, die während der Auflösung entweichen. In diesem Falle zeigt die heiße und sehr saure Flüssigkeit, wenn sich ein Niederschlag bildet, das Vorhandensein von Molybdän, Antimon und Zinn an:

Molybdän . . . . . wenn er die Charaktere der Molybdänsäure zeigt (§. 99, 7).

Antimon . . . . . wenn er die Charaktere der Antimonoxyde hat (§. 100, 2).

Zinn . . . . . wenn hier dieser Niederschlag weder verflüchtigt noch geschmolzen werden kann.

Ist die Auflösung geschehen, so erkennt man darin leicht die verschiedenen Basen, nämlich:

Wismuth . . . . . wenn ein Tropfen der Auflösung, den man in Wasser fallen läßt, dasselbe sogleich weiß färbt.

Silber	wenn ein Tropfen der Auflösung auf einer Kupferplatte einen weißen krystallinischen Metallniederschlag liefert.
Quecksilber	wenn sich alsdann ein grauer Niederschlag bildet, der sich zu Tröpfchen vereinigt oder sich mit Kupfer amalgamirt, dem es einen Silberglanz verleiht.
	Dieser Niederschlag verflüchtigt sich im Feuer, und wenn er sich aus dem Silber niedergeschlagen hat, so bleibt dieses letztere allein zurück.
Kupfer	wenn die Auflösung auf einer Eisenplatte einen Kupferniederschlag bildet.
Nickel	wenn die Flüssigkeit, die sich auf einer Eisenplatte befand, sich durch Hinzufügung von Ammoniak sogleich blau färbt.
Zink	wenn die gleiche Flüssigkeit durch Ammoniak einen weißen Niederschlag gibt, der sich in einem Ueberschuß dieses Alkalis wieder auflöst. *

Nach diesen Versuchen wird man verschiedene Tropfen von der ursprünglichen Auflösung in kleine Uhrgläser oder auf eine mit Fett leicht beschmierte Glasplatte bringen und alsdann entdecken:

Das Eisen	wenn einige Theilchen blausauren Kalis einen blauen Niederschlag hervorbringen. **
Blei, Baryt und Strontian	wenn einige Theilchen irgend eines schwefelsauren Salzes einen weißen Niederschlag bewirken.
Blei	wenn der Niederschlag durch Hinzufügung einiger Theilchen schwefelsauren Kalihydrats schwarz wird.

* Ebenso würde sich das Cadmium niederschlagen und wieder auflösen; man würde aber vorher seine Gegenwart erkannt haben (§. 101, 1), und überdies würden es das Kali und Natron auf eine permanente Weise niederschlagen, was beim Zink nicht der Fall ist.

** Die meisten andern Metalle präcipitiren zu gleicher Zeit, aber die blaue Farbe, die durch die Gegenwart des Eisens gebildet wird, überwiegt alle andern.

Baryt	wenn der Niederschlag nicht schwarz wird, und wenn ein Tropfen von der ersten, stark durch Wasser verdünnten Auflösung immer noch fortfährt, durch ein schwefelsaures Salz einen Niederschlag zu bilden.
Strontian	wenn die sehr ausgedehnte Auflösung keinen Niederschlag mehr bildet.
Thonerde	wenn der im Ueberschuß dem Rest der Flüssigkeit zugesetzte Ammoniak einen weißen, flockigen und bleibenden Niederschlag gibt, der sich im kaustischen Kali auflöst (siehe §. 102, 2).
Kalk	wenn die Ammoniakflüssigkeit, welche oben schwimmt, unmittelbar durch das oxalsaure Ammonick, selbst wenn sie heiß ist, niedergeschlagen wird. *
Magnesia	wenn sich die Flüssigkeit, nachdem sie sich im Warmen abgeklärt hat, beim Kaltwerden von Neuem trübt.

5) Das Aufsuchen der Alkalien. Um das Kali, Natron und Lithion zu entdecken, darf man keinen dieser Stoffe während der Operation angewandt haben. Wenn das Mineral nicht unmittelbar in einer Säure auflöslich ist, so muß man es hiezu geeignet machen, indem man es mit kohlensaurem Baryt zusammenschmelzt.

Ist die Auflösung gebildet und gehörig verdünnt, so setzt man kohlensaures Ammoniak zu, welches, mit Ausnahme der Alkalien, Alles niederschlägt. Man filtrirt, verdampft und macht es rothglühend, und wenn alsdann etwas in der Schale zurückbleibt, so ist dies ein Alkali. Man unterscheidet:

* Es könnten sich auch der Baryt, der Strontian, das Kupfer, der Nickel und Zink in der Ammoniakflüssigkeit finden. Für diesen complicirten Fall müßte man zuerst die beiden ersten Stoffe durch ein schwefelsaures aus der sauren Auflösung heraus bekommen und die beiden folgenden durch Kali: — die Ammoniakauflösung (ammoniakalische Auflösung) würde jetzt nur noch Zink erhalten, welches durch Hinzufügung eines oxalsauren Salzes lange Zeit nach der Magnesia, wenn die Flüssigkeit verdampft, sich niederschlägt.

Das Kali	wenn die concentrirte Platinschlorürauflösung, auf einen Theil des Rückstandes gebracht, einen gelben Niederschlag bewirkt.
Das Lithion	wenn die Substanz die Platinplatte während der Calcination fleckig macht und ein Tropfen kohlensauren Ammoniaks einen weißen Niederschlag bildet.
Das Natron	wenn sich gar nichts der Art bildet.

Findet sich ein Gemisch von Alkalien, so kann man dieselben bei diesen Versuchen nur schwer unterscheiden.

Gewisse auflösliche Salze enthalten Ammoniak, deren Gegenwart leicht durch Zusatz einiger Theilchen kaustischen Kalis, das die Dämpfe desselben entweichen läßt, erkannt.

6) Untersuchen der Körper, auf welche die bisherigen Mittel nicht einwirken.

Diese Körper sind namentlich das Gold und das Platin, von denen das erste eine schöne gelbe Farbe, das zweite eine Bleifarbe zeigt. Beide werden durch das Königswasser aufgelöst. Die Goldauflösung bildet durch das Zinnchlorid einen purpurfarbigen Niederschlag; die Platinauflösung durch ein Kalisalz einen gelben.

Das Platin ist in dem Platinerz mit verschiedenen Substanzen verbunden oder gemengt, die man bei den Versuchen im Kleinen noch nicht charakterisiren kann.

§. 102. **Bemerkungen über das Aufsuchen der Basen.** — Bei den zur Aufsuchung der Basen bestimmten Versuchen haben wir nur diejenigen Substanzen angegeben, die gewöhnlich in der Natur vorkommen. Wenn man es auch noch mit andern Substanzen zu thun haben wollte, so könnte man auf Hindernisse stoßen, von denen wir hier reden wollen.

1) Bei der Behandlung mit Salpetersäure könnte man finden:

Palladium . . . . . es bildet auf einer Kupferplatte einen Niederschlag; aber die Auflösung ist roth und präcipitirt schwarz durch Zinnchlorür.

Thonerde . . . . . würde sich durch Hinzufügung eines schwefelsauren Salzes durch Aufbrausen zeigen. Das in der Kälte lösliche Salz dieser Basis bildet bei einer Temperatur von 100° einen Niederschlag.

2) Bei der Untersuchung der Auflösung durch Ammoniak im Ueberschuß, kann man in dem Niederschlage eine große Anzahl Substanzen finden, die nicht angegeben wurden, z. B.:

Beryllerde . . . . . sie wird in der Kaliauflösung mit der Thonerde hinweggeschafft; die Kaliauflösung muß alsdann durch eine Saure gesättigt und von Neuem mit Ammoniak behandelt werden. Man wascht und trocknet den Niederschlag. Wenn es reine Thonerde ist, so erhält die Masse, indem man einen Tropfen salpetersauren Kobalt zusetzt und calcinirt eine schöne blaue Farbe. Wenn es reine Beryllerde ist, so wird die Farbe schwarz. Ist sie eine Mischung, so erhält man ein schmutziges Blau.

Das Uran . . . . . der durch den Ammoniak gebildete Niederschlag, oder auch das Mineral selbst gibt in der Reduktionsflamme mit einem doppeltphosphorsauren Salz ein grünes Glas. Die erstere Auflösung gibt alsdann durch Cyaneisenkali einen dunkelrothen Niederschlag.

Das Cerium . . . . der Rückstand von der Wirkung des kaustischen Kalis kann die eine oder die andere dieser Substanzen enthalten. Mit Salpetersäure von Neuem behandelt, hierauf getrocknet, um die überschüssige Säure auszutreiben und wieder im Wasser aufgelöst, gibt er durch oxalsaures Ammoniak einen weißen Niederschlog.

Die Zirkonerde.

Die Ytererde.

Was den ersten Stoff betrifft, so wird der Niederschlag durch Calcination zimmtbraun, und bildet kalt mit einem

doppeltphosphorsauren Salz ein rothes, kalt ein farbloses Glas. Hinsichtlich der andern bräunt sich der Niederschlag: in dem einen bildet er, wenn auch schwierig, mit einem doppeltphosphorsauren Salz ein undurchsichtiges, farbloses Glas; dagegen bildet er im andern ganz leicht ein durchsichtiges Glas.

3) Wir werden nicht von zufälligen Verbindungen sprechen, denen man etwa begegnen könnte; denn hier könnten die Niederschläge sehr complicirt sein, und man müßte, um zu einigen Resultaten zu gelangen, sehr ausgedehnte chemische Kenntnisse besitzen, die man bloß durch tiefgehende Studien erlangen kann.

Analyse der Mineralien.

§. 103. Nothwendigkeit derselben. — Wenn ein Körper einfach ist, so genügen die genannten chemischen Versuche immer, um ihn von allen andern zu unterscheiden. Anders aber verhält sich's, wenn er ein zusammengesetzter ist, weil hier die Zahl und Beschaffenheit der vereinigten Stoffe nicht zu seiner Charakterisirung hinreicht; man muß davon die relativen Quantitäten kennen. Es wird z. B. Niemand den Zucker und den Weingeist mit einander verwechseln, und dennoch sind beide aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff zusammengesetzt, und bloß im Verhältniß der Quantitäten findet sich ein Unterschied. Bei den Mineralien findet das Gleiche statt. Es finden sich viele, die aus den gleichen Elementen gebildet sind und eben so deutlich ausgesprochene Unterschiede zeigen, als die beiden vorhergehenden Körper, woraus also hervorgeht, daß, um sie chemisch zu bezeichnen, man genau die einzelnen Stoffe von einander zu scheiden, jeden von ihnen zu wägen und Alles auf die Einheit zu beziehen wissen muß, um

unter diesem Gesichtspunkt eine Vergleichung anstellen zu können. So kann man z. B. die Mennige und das gelbe Bleioxyd von einander unterscheiden, die ihrem Aussehen nach so verschieden sind, obgleich sie aus den nämlichen Elementen bestehen, nämlich:

Gelbes Bleioxyd	Sauerstoff	0,07	Mennige	Sauerstoff	0,10
	Blei	0,93		Blei	0,90
		1,00			1,00

§. 104. **Allgemeine Mittel.** — Die Analyse wird beinahe wie die vorhergehenden Versuche gemacht, nur sind dabei sehr viele Vorsichtsmaßregeln nothwendig, die man vernachlässigen kann, wenn es sich bloß um ein Erkennen handelt. Man muß eine gewisse Menge des Minerals (z. B. 5 Gramme) entweder im natürlichen Zustande oder in sehr feines Pulver verwandelt, genau wägen und darf während der Operation nichts verloren gehen lassen. Nachdem das Mineral für den Fall, daß es Wasser enthält, erhitzt und von Neuem gewogen worden ist, um den Gewichtsverlust zu finden, welcher das Gewicht der Flüssigkeit ist, so läßt man auf dasselbe Salpetersäure, Königswasser einwirken, oder schmilzt man es zuvor mit Kali zusammen ꝛc., hierauf filtrirt und sammelt man nach und nach die Niederschläge, wascht sie sorgfältig aus, indem man eine hinlängliche Wassermenge auf das Filtrum bringt, trocknet dieses letztere gehörig, wiegt es genau mit der Substanz, die sich daran findet und rechnet das Gewicht des Papieres ab, das man schon vorher gewogen haben mußte. Hierauf sammelt man die filtrirte Flüssigkeit und das zum Waschen angewandte Wasser und läßt sie gehörig verdampfen, um andere Niederschläge zu bewirken, mit jedem derselben man nach und nach auf gleiche Weise operirt.

Der Hauptpunkt, und manchmal auch ziemlich schwierige Punkt ist dies, daß man die aufeinander

folgenden Operationen gut ausführt, solche Reagentien anwendet, die eine bestimmte Substanz ganz abscheiden und von einer andern nichts mit fortnehmen. In dieser Beziehung sind die verschiedenen Reagentien, deren man sich bei den Versuchen bedienen kann, nicht immer die geeignetsten für die Analyse, denn wenn es sich bloß darum handelt, daß man die Gegenwart einer Substanz angebe, so liegt wenig daran, wenn der Niederschlag auch eine oder mehrere andere mit sich fortriß, vorausgesetzt, daß sie verdeckt sind, und daß die gesuchte deutlich hervortritt. Es gibt Fälle, wo die Schwierigkeiten so groß sind, daß ein ganz talentvoller und geübter Chemiker dazu erforderlich ist; dagegen gibt es auch viele Fälle, wozu schon die einfachsten Elemente der Chemie hinreichen, und die im Allgemeinen diejenigen sind, die sich im gewöhnlichen technischen Leben am häufigsten zeigen. So läßt sich z. B. die Analyse mit Kalksteinen, Mergeln, Thonarten, Silikaten, die am häufigsten in der Natur vorkommen, oder mit solchen, welche die Schlacken unserer Schmelzöfen bilden, wo man die Metalle bereitet, mit vielen Blei-, Kupfer- und Eisenerzen, mit Mineralsalzen, die in den Künsten und der Arzneikunde angewandt werden, mit den nützlichsten künstlichen Verbindungen ꝛc., immer sehr leicht machen, weil diese Körper nur vollkommen bekannte Stoffe enthalten, die sich immer sehr genau von einander scheiden lassen. Wir wollen hier einige Beispiele davon geben:

§. 105. 1) **Analyse des Mergels.** — Fünf Gramme eines gewissen Mergels, die man bei der Temperatur des kochenden Wassers trocknete, verloren 345 Milligramme, die wahrscheinlich ganz aus Wasser bestanden.

Fünf andere Gramme, die man mit Salpetersäure behandelte, zeigten eine Zeitlang ein Aufbrausen und gaben einen Rückstand aus Thon, welcher

zuerst gewaschen, hierauf bei einer Temperatur von 100° 3ᵍ,879 weg.

Diese Operationen sind hinreichend, um daraus den Schluß zu ziehen, daß der durch die Säure entfernte kohlensaure Kalk

$$0^g,776, \text{ d. h. } 5^g - (3,879 + 0,345)$$

betrug, so daß demnach dieser Mergel bestand aus:

Kohlensaurem Kalk . . .	0,776	oder für 1	0,1552
Thon und Wasser	4,224	. . . . .	0,8448
	5,000		1,0000

Es folgt daraus, daß diese in der Agricultur angewandte Substanz sich mehr für Sand- als Thonböden eignet.

2) **Analyse des Kalksteins.** — Auf fünf Gramme Kalkstein hat unter Aufbrausen Salpetersäure eingewirkt und ein Rückstand von 15 Centigrammen ist zurückgeblieben.

Die Auflösung gab, mit Ammoniak behandelt, 204 Milligramme Eisenoxyd, das vor dem Löthrohr einige Spuren von Mangan zeigte (§. 101, 2.).

Die mit dem Waschwasser vereinigte und gehörig verdampfte Flüssigkeit wurde im Warmen mit einfach kohlensaurem Ammoniak behandelt und sogleich filtrirt; sie gab einen Niederschlag von kohlensaurem Kalk im Betrag von 4 ,098, wovon 2ᵍ,307 dem Kalke angehören. *

Endlich blieben nach der Verdampfung des Wassers und der Erhitzung bis zur Rothglühhitze 217 Milligramme Magnesia; also besteht dieser Kalkstein aus:

Unlöslichem Stoff . . .	0,150	oder für 1	0,0300
Eisenoxyd.	0,204	. . . . .	0,0408
Kalk	2,307	. . . . .	0,4614
Magnesia	0,217	. . . . .	0,0434
Kohlensäure, die man aus dem Unterschiede folgerte	2,122	. . . . .	0,4244
	5,000		1,0000

* 100 Theile kohlensauren Kalkes enthalten 56,29 Th. Kalk, so daß die Proportion $100 : 56,29 = 4,098 : x = 2,307$ die Kalkmenge für den vorliegenden Fall gibt.

3) **Analyse des Weißbleierzes.** — Das Weißbleierz oder Bleiweiß ist ein kohlensaures Blei; man verfälscht aber diese Substanz durch eine Beimischung von Kreide, das ihren Werth vermindert und der Haltbarkeit ihrer Farbe bedeutenden Eintrag thut. Es ist also von Nutzen, wenn man weiß, welches die Natur des Stoffes ist, den man zu dieser oder jener Arbeit verwendet; hier folgt seine Analyse:

Fünf Gramme dieser Substanz, auf die man verdünnte Salpetersäure einwirken ließ, gaben 10 Centigramme Rückstand.

Die mit schwefelsaurem Natron behandelte Auflösung gaben einen Niederschlag von schwefelsaurem Blei, im Betrag von $4^g,539$, woraus man $3^g,338$ Bleioxyd * oder 4^g kohlensaures Blei erhielt. **

Die mit dem Waschwasser verbundene und verdampfte filtrirte Flüssigkeit, welche mit einfach kohlensaurem Ammoniak behandelt wurde, gab $0^g,901$ kohlensauren Kalk. Diese Substanz erhält also:

Reines Weißbleierz oder kohlensaures Blei			4	oder für 1 .	0,80
Kreide .	Kohlensauren Kalk . .	0,90	1		0,20
	Unlöslichen Stoff . .	0,10			
			5		1,00

d. h. das Bleiweiß ist mit dem vierten Theil seines Gewichtes mit Kreide gemischt gewesen.

Wenn die Verfälschung durch ein Beigemisch von schwefelsaurem Baryt geschah, so bleibt diese unlöslich.

4) **Analyse einer Hochofenschlacke.** — Diese Substanz wurde mit Natron zusammengeschmolzen,

* 100 Theile schwefelsaures Blei enthalten 73,56 Bleioxyd. Man findet die Menge des Oxydes im vorliegenden Falle durch die Proportion:

$$100 : 73,56 = 4,539 : x.$$

** 100 Theile kohlensaures Blei enthalten 83,46 Bleioxyd, so daß man nachstehende Proportion erhält:

$$83,46 : 100 = 3,338 : x.$$

nachdem sie in feines Pulver verwandelt und das Ergebniß mit Salpetersäure behandelt worden war. Fünf Gramme geben alsdann nach dem Aufwallen $1^g,27$ Kieselerde.

Das Ammoniak bewirkte einen Niederschlag von Eisenoxyd, welches, nachdem es gewaschen und mit Natron geschmolzen, hierauf von neuem gewaschen und getrocknet worden, $2^g,737$ wog.

Sämmtliche verdampfte, hierauf mit Säuren gesättigte und mit einfach kohlensaurem Ammoniak behandelte Natronwasser gaben einen Niederschlag, der aus 203 Milligrammen Thonerde bestand.

Die Flüssigkeit des ersteren Eisenoxydniederschlags, verbunden mit dem Wasser, das man zu seinem Abwaschen benützte, gab für sich selbst durch kohlensaures Ammoniak einen Niederschlag von $1^g,805$ kohlensauren Kalkes, der $1^g,016$ Kalk entsprach. Das Ergebniß der Analyse ist demnach:

Kieselerde	1,270
Eisenoxyd	2,737
Thonerde	0,203
Kalk	1,016
	5,226

Die Gewichtszunahme läßt aber sehen, daß sich hier das Eisen als Oxydul fand, dessen Menge man alsdann auf 2,511 reduziren muß.

Dieses Resultat zeigt, daß man die Operationen in den Schmelzhütten abändern müsse, indem man dem Erze den sogenannten Zuschlag oder Flußmittel (kohlensaurem Kalk oder Kalkstein) beimengt, um die Kieselsäure zu sättigen und einen Verlust an Eisen zu vermeiden. Die Analyse der Erze und die der Zuschläge (Kalkstein) würden die Menge des angewandten Flußmittels bestimmen.

Diese Beispiele, verbunden mit den Beobachtungen, die wir hinsichtlich der Versuche machten, reichen

hin, um zu zeigen, was man in den meisten gewöhnlichen Fällen zu thun habe.

Erklärung und Vergleichung der Analysen.

§. 106. **Schwierigkeit, sich auszudrücken.**— So lange es sich nur von der Anwendung im Leben handelt, fühlt man kein Bedürfniß, die Zusammensetzungen anders auszudrücken, als durch die gleichen Gewichte, welche uns die Analyse liefert. Betrachtet man aber die leblosen Körper unter dem wissenschaftlichen Gesichtspunkt, so erkennt man bald, wenn sie in großer Anzahl vorhanden sind, daß man sie unmöglich miteinander vergleichen kann, indem man sich in Gewichten ausdrückt, weil die Beziehungen oder Verhältnisse sehr zusammengesetzt sind. Obgleich man z. B. in den nachstehenden Zusammensetzungen sehr deutliche Unterschiede wahrnimmt, so ist es doch schwierig, sich eine sehr klare Vorstellung davon zu machen.

	1. Analyse.	2 Analyse.	3. Analyse.
Schwefel	0,292	0,162	0,173
Kupfer	0,189	0,318	0,455
Blei	0,619	0,520	0,372

Auch hatte man lange Zeit wenig Aufmerksamkeit für die chemische Zusammensetzung und gab sich damit zufrieden, die Körper durch äußere Charaktere zu vergleichen: erst seit jener Zeit, wo man die chemischen Gesetze erkannte, nach welchen die Körper sich zusammensetzen, konnte man daraus das Geeignete ziehen. Es folgen hier die Thatsachen:

§. 107. **Gesetze der (chemischen) Zusammensetzung.** — Die Gesammtheit aller Beobachtungen läßt sehen, daß die einfachen, so wie die zusammengesetzten Körper sich untereinander in einer gewissen Anzahl bestimmter Proportionen verbinden, welche nichts Dazwischenliegendes zulassen und unter sich einfache Beziehungen haben, wenigstens, wenn es sich von den Mineralien handelt. Man findet z. B., daß

100	Theile Sauerstoff verbunden sind mit	201,20	Schwefel (Unterschwefelsäure).
200	. . . . .	201,12	. . . (schwefelige Säure).
300	. . . . .	201,18	. . . (Schwefelsäure).
100	Sauerstoff sich verbinden mit . .	395,69	Kupfer.
100	. . . . .	791.39	(zweimal 395,69).
200	. . . . .	395,68	
100	Schwefel sich verbinden mit . . .	393,39	Kupfer.
200	. . . . .	393,38	
100	Kieselerde sich verbinden mit . .	184,99	Kalk.
200	. . . . .	184,98	
300	. . . . .	184,98	

d. h., daß eine bestimmte Menge der Basis oder das Doppelte dieser Menge sich mit einer bestimmten Menge elektro-negativer Körper, oder mit zweimal, dreimal so viel 2c. verbindet: diese Thatsache bestätigen alle Beobachtungen.

Benennung durch Atome. — Hinsichtlich dieser Thatsache drückt man sich auf eine für die Benennung und Vergleichung der verschiedenen Zusammensetzungen bequemere Weise aus. Anstatt in den oxydirten Zusammensetzungen die Zahl 100 als das Gewicht zu betrachten, das aus einer gewissen Anzahl von Sauerstofftheilchen hervorgeht, ist man darauf gekommen, sie als das Gewicht selbst von einem Theilchen zu betrachten, indem man zugleich die entsprechende Anzahl als das Gewicht eines Basistheilchen betrachtet. So sagt man: In den Verbindungen des Schwefels und Sauerstoffs findet man nach und nach 1 Theilchen Schwefel, dessen Gewicht 201,20 ist, mit 1, 2, 3 Theilchen Sauerstoff, dessen Gewicht 100 ist, verbunden. Eben so finden sich in den Kupferoxyden 1 Theilchen Kupfer, dessen Gewicht 395,69 beträgt, mit 1,2 Theilchen Sauerstoff, oder 2 Theilchen Kupfer mit 1 Theilchen Sauerstoff verbunden 2c.

Auf gleiche Weise könnte man die andern Verbindungen ausdrücken und sagen, daß ein Kupfertheilchen = 393,39 sich mit 1 oder 2 durch die Zahl 100 vor-

gestellten Schwefeltheilchen vereinigt findet; daß 1 durch die Zahl 184,99 gegebenes Kalktheilchen sich mit 1, 2, 3 ꝛc. durch die Zahl 100 gegebenen Kieselerdetheilchen sich verbinden, ꝛc. Da aber die Zahl 100 bereits als Ausdruck für das Gewicht des Sauerstofftheilchens angewandt wurde, so war es nicht mehr möglich, sie bei einem andern Körper zu gebrauchen; und nachdem man 395,69 als das Gewicht des Kupfertheilchens in den Oxyden angenommen hat, könnte man für die Schwefelverbindungen nicht eine andere Zahl 393,39 ꝛc. anwenden. Dadurch wurde man veranlaßt, für jeden Körper das Gewichtstheilchen festzustellen, indem man die im Sauerstoff als Ausdruck für die Vergleichung zugelassene Zahl 100 nimmt, wozu man durch die Kenntniß der Oxyde, Schwefelverbindungen (Sulfüre) und verschiedener anderer Verbindungen gelangt. *

Dies sind die Grundlagen dessen, was man die Theorie der Atome nennt, denn der Name Atom wurde den Benennungen von Theilchen, Molekül ꝛc., die man gleichfalls hätte wählen können, vorgezogen.

§. 108. **Atomische Umbildungen.** — In dieser Ausdrucksweise kann man ohne Schwierigkeit sämmtliche Combinationsarten angeben und namentlich sie

* Würde man keine Kupferoxyde kennen, so könnte man das Gewicht eines Theilchens von diesem Körrer durch die Schwefelverbindungen finden. Wüßte man z B., daß eine Schwefelverbindung aus 100 Schwefel und 393,38 Kupfer besteht, so würde man daraus folgern, daß das Gewicht des Schwefeltheilchens durch 201,16 einen mittlern Ausdruck gegeben worden sein; wenn wir also die Proportion:

$$100 : 393,38 = 201,16 : x$$

setzen, so wird der vierte Ausdruck das Gewicht des gesuchten Theilchens oder 791,54 sein. Würden wir andere Zusammensetzungen kennen, so wüßten wir noch nicht, ob dieses Gewicht ein einziges Theilchen, oder zwei, drei u. s. w. vorstellt, so daß man entweder 791,54 oder die Halfte 395,77 oder u. s. w. annehmen könnte. Es ist klar, daß man in dieser Hinsicht nur nach langer Zeit und durch die Gesammtheit aller Thatsachen, die sich auf einen Körper beziehen, zur Gewißheit gelangen kann.

miteinander vergleichen; vor Allem aber muß man die durch die Analyse gegebenen Gewichtsverhältnisse in Atomenverhältnisse umbilden.

Diese Umbildung geschieht dadurch, daß man das Gewicht jedes Bestandtheiles durch das entsprechende Atomgewicht dividirt und hierauf die Verhältnisse auf ihren einfacheren Ausdruck reduzirt. Man wird z. B. für die erstere der vorhergehenden Analysen, §. 106,

Schwefel	0,192
Kupfer	0,189
Blei	0,619

in den hiefür verfertigten Tabellen * die Atomgewichte des Schwefels, Kupfers und Bleis (nämlich: 201,165, — 395,695, — 1294,498) finden, mit welchen man die entsprechenden Zahlen theilen wird; ** man findet hier die Zahlen:

$$\frac{0,192}{201,165} = 0,00095\,;\quad \frac{0,189}{395,695} = 0,00048\,;\quad \frac{0,619}{1294,478} = 0,00048$$

welche sich beinahe zu einander verhalten wie 2, 1 und 1. Der Körper findet sich demnach aus 2 Atomen Schwefel, 1 Atom Kupfer und 1 Atom Blei zusammengesetzt.

Die beiden andern gegebenen Analysen werden sich auf dieselbe Weise umbilden, und man wird haben:

	2. Analyse.			3. Analyse.		
	Gewicht.	Atomverhältnisse.		Gewicht.	Atomverhältnisse.	
Schwefel	0,162	0,0008	od. 2 Atomen.	0,173	0,00086	od. 3 At.
Kupfer	0,318	0,0008	2 At.	0,455	0,0016	4 At.
Blei	0,520	0,0004	1 At.	0,372	0,00029	1 At.

* Siehe am Ende dieses Artikels die Tabelle, welche die gewöhnlichsten Substanzen enthält.

** Die durch die Analyse gegebenen Gewichte zeigen an, daß es für jeden der drei Körper g wisse Atomzahlen n, n', n'' gibt, deren Verhältnisse 0,192, 0,189, 0,619 sind; d. h. daß man hat:

$$0,192 : 0,189 : 0,619 = n\ (201,165) : n'\ (395,695) : n''\ (1294,478)$$

oder

$$\frac{0,192}{201,165} : \frac{0,189}{395,696} : \frac{0,619}{1294,478} = n : n' : n''$$

so daß die Quotienten die Beziehungen zwischen n, n', n'' geben.

Eben so leicht werden die Analysen oxydirter Körper umzubilden sein. Kennt man z. B. das Atomgewicht der Kieselerde = 577,478, der Thonerde = 642,334 und des Kalkes = 356,019, so wird man für folgende Zusammensetzungen finden:

	4. Analyse.			5. Analyse.		
	Gewicht.	Atomverhältnisse.		Gewicht.	Atomverhältnisse.	
Kieselerde	0,403	0,00070	od. 2 Atome.	0,424	0,00073	od. 3 At.
Thonerde	0,225	0,00045	1 At.	0,314	0,00049	2 At.
Kalk	0,372	0,00104	3 At.	0,262	0,00073	3 At.

Man könnte nun die fünf vorhergehenden Zusammensetzungen, wie folgt, ausdrücken, indem man die Atomzahlen als Exponenten über die Namen der zusammensetzenden Stoffe setzt:

1) Schwefel^2, Kupfer^1, Blei^1, oder abgekürzt S^2, Cu^1, Pb^1
2) Schwefel^2, Kupfer^2, Blei^1 . . . . . S^2, Cu^2, Pb^1
3) Schwefel^3, Kupfer^4, Blei^1 . . . . . S^3, Cu^4, Pb^1
4) Kieselerde^2, Thonerde^1, Kalk^3 . . . . . Si^2, Al^1, Ca^3
5) Kieselerde^3, Thonerde^2, Kalk^3 . . . . . Si^3, Al^2, Ca^3

Es ist jetzt leicht, diese Körper mit einander zu vergleichen, ihre Unterschiede deutlich auszudrücken und sich eine klare Vorstellung von ihnen zu machen.

§. 109. **Zeichen für die Zusammensetzungen.** — Um die Zusammensetzung der Körper leichter zu bezeichnen, nimmt man die Anfangsbuchstaben der Namen, anstatt des ganzen Wortes, beinahe wie wir es vorhin durch Abkürzung thaten, nur aber mit einigen Abänderungen, bezüglich der Einzelnheiten: man nimmt dazu beinahe einstimmig die lateinischen Namen; nämlich:

Al. Aluminium (Thonerde).
Ag. Argentum (Silber).
As. Arsenicum (Arsenik).
Au. Aurum (Gold).
Az. Azothum oder **N.** nitricum (Stickstoff).
Ba. Barytum.
Be. Berillium od. **Gl.** Glucinium.
Bi. Bismuthicum (Wismuth).
B. oder **Bo.** Boron.
Br. Bromium (Brom).
Ca. Calcium (Kalk).
Cd. Cadmium.
C. Carbonium (Kohlenstoff).
Ce Cerium.
Ch. Chlor oder **Cl.** (Chlor).
Cr. Chromium (Chrom).
Co Cobaltum (Kobalt).
Cu. Cuprum (Kupfer).
Fe. Ferrum (Eisen).

Fl. Fluor (Fluor).
Hg. Hydrargyrum (Queckſilber).
Hy. od. H. Hydrogenium (Waſſerſtoff).
I. Iodicum (Jod).
Ir. Iridium.
K. Kalium.
L. Lithium.
Ma. Magnesium.
Mn. Manganium (Mangan).
Mo. Molybdaenum (Molybdän).
Na. Natrium.
Ni. Niccolum (Nickel).
Os. Osmium.
O Oxygenium (Sauerſtoff).
Pd. Palladium.
Ph. Phosphorus (Phosphor).
Pl. od. Pt. Platinium (Platin).
Pb. Plumbum (Blei).
R. Rhodium.
Se Selenium (Selen).
Si. Silicium.
Sn Stannum (Zinn).
Sb Stibium (Antimon).
Sr. Strontium.
S. od. Su. Sulphur (Schwefel).
Ta. Tantalium (Tantal).
Te Tellurium (Tellur).
Th. Thorium.
Ti. Titanium (Titan).
Tu. Thungstenium od. W. Wolframium (Wolfram).
U. Uranium (Uran).
Vn. Vanadium (Vanadin).
Y. Yttrium
Zn. Zincum (Zink).
Zr. Zirconium.

Um eine Verbindung zu bezeichnen, ſchreibt man die Zeichen der dieſelbe bildenden Körper neben einander, und um die Atomzahlen anzugeben, ſchreibt man die Zahlen als Exponente, wobei man, wie in der Algebra, den Exponent 1 unterdrückt. So zeigt z. B. Fe S die Verbindung eines Atoms Eiſen und eines Atoms Schwefel an, und Fe Cu S^2 ein Atom Eiſen, ein Atom Kupfer und 2 Atome Schwefel. Eben ſo leicht wird man die Formeln Fe^2 Cu S, Fe^3 Cu^2 S^5 ꝛc. verſtehen.

In der Combination von drei oder mehr Elementen kann man die Formel auf mehrere Arten ſchreiben. So kann man anſtatt der Formel Fe Cu S^2 das elektronegative Element beiden Körpern zutheilen und Fe S, Cu S ſagen; man ſchreibt alsdann Fe S + Cu S.

Eben ſo läßt ſich Fe^2 Cu S^3 auch als Fe^2 S^2 + Cu S ſchreiben, Fe^3 Cu^2 S^5 als Fe^3 S^3 + Cu^2 S^2 ꝛc. In dieſem Falle aber verwandeln ſich die gleichartigen Exponenten in Coefficienten, und man ſchreibt alsdann

2 Fe S + Cu S, 3 Fe S + 2 Cu S.

Diese Schreibart beruht theoretisch auf dem Umstand, daß die Tripelverbindungen unserer Laboratorien gewöhnlich das Resultat der Verbindung zweier binärer Zusammensetzungen ist.

Auch für die Dryde könnte man ihre Zusammensetzung schreiben. So würden z. B. Ca O, Si O^3 2c. Verbindungen von 1 Atom Calcium und 1 Atom Sauerstoff, von 1 Atom Silicium und 3 Atom Sauerstoff anzeigen 2c.; da aber diese Körper sehr zahlreich sind, so ist man zur Vermeidung einer großen Zusammengesetztheit in den Zusammensetzungen (zusammengesetzte Körper) übereingekommen, das Zeichen für den Sauerstoff zu unterdrücken und es durch Punkte zu ersetzen, die man über den Buchstaben in gleicher Anzahl, als Sauerstoffatome vorhanden sind, schreibt.

Demnach schreibt man C̈a, S̈i, anstatt Ca O, Si O^3; ebenso C̈a S̈i, anstatt Ca O + Si O^3 2c.

Wenn die Basis für zwei Atomen in das Dryd eintritt, so ist man allgemein übereineingekommen, daß man durch den Buchstaben einen horizontalen Strich macht. Man schreibt z. B. F̈e, Ċu 2c. anstatt Fe^2 O^3, Cu^2 O, 2c. Jedoch ließ die Schwierigkeit, diese querdurchstrichenen Buchstaben zu haben, die Zuflucht auch zu andern Mitteln nehmen: man hat nämlich einen Strich unter die Buchstaben gemacht, wie bei F̈e, Ċu; endlich hat man auch Zahlen oder Primen als Zeichen genommen, wie z. B. bei den Formeln $\dddot{F}e_2$, $\dot{C}u_2$ oder F̈e,, Ċu,,. Dieses letztere Mittel ist vielleicht den andern vorzuziehen.

Da auch die Schwefelverbindungen (Sulfure) häufig und oft sehr zusammengesetzt sind, so ist man auf die Idee gekommen, die Schwefelatome durch Komma vorzustellen, die man über die Basis setzt. So schreibt man Ṗb, F̈e, S̈b, 2c. anstatt Pb S, Fe S^2, Sb, S^3 2c.

Nach diesen Bezeichnungsarten wird man die fünf Analysen, die wir als Beispiele von den Umbildungen nahmen, wie folgt, schreiben müssen:

1) $Cu\ Pb\ S^2$, oder $Cu\ S + Pb\ S$, od. auch $\dot{C}u\ \dot{P}b$.

2) $Cu^2 Pb\ S^2$, — $Cu^2S + Pb\ S$, — $\dot{C}u\ \dot{P}b$.

3) $Cu^4 Pb\ S^3$, — $2Cu^2S + Pb\ S$, — $\dot{C}u^2\dot{P}b$.

4) $Cu^3\ \ddot{A}l\ \ddot{S}i^2$, — $\dot{C}a^3\ddot{S}i + \ddot{A}l\ \ddot{S}i$

5) $\dot{C}a^3\ \ddot{A}l^2\ \ddot{S}i^3$, — $\dot{C}a^3\ddot{S}i + 2\ddot{A}l\ Si$.

Die Theilung der eine Zusammensetzung bildenden Theile macht hier gar keine Schwierigkeit mehr für die Benennung und Vergleichung.

§. 110. **Ein weiteres Gesetz für die oxydirten Körper (Oxyde).** — Es besteht in Beziehung auf die Combination der oxydirten Körper ein anderes Gesetz, demzufolge man gleichfalls zu einer leichten Vergleichung der Analysen gelangen kann. Dieses Gesetz besteht darin, daß die Sauerstoffmenge eines der Bestandtheile im Allgemeinen ein Vielfaches oder nur ein Theil von der Sauerstoffmenge des andern Theils ist. Man sucht demnach, welches die Sauerstoffmengen eines jeden der Körper ist, deren Quantitäten man in der Analyse bestimmt hat, woraus Beziehungen sich ergeben, welche man auf ihren einfacheren Ausdruck zurückführt. Die Analysen der Silikate, welche wir schon oben berechneten, geben also: *

		Sauerstoff	Bez.
Kieselerde	0,403	0,209	2
Thonerde	0,225	0,105	1
Kalk	0,372	0,104	1

		Sauerstoff.	Bez.
Kieselerde	0,424	0,220	3
Thonerde	0,311	0,146	2
Kalk	0,262	0,073	1

* Wenn man die am Ende des Artikels befindliche Tabelle zu Rathe zieht, so findet man, daß 100 Theile Kieselerde 51,95 Sauerstoff enthalten. Um den Sauerstoff zu erhalten, welchen 0,403 Kieselerde einschließen, setzt man die Proportion an:

$$100 : 51 = 0{,}403 : x = 0{,}209;$$

auf gleiche Weise berechnet man ihn für die andern Körper, wenn man ihre Zusammensetzung sucht.

Die Zahlen 2, 1 und 1, oder auch 3, 2 und 1 sind also relative Sauerstoffgewichte, welche die Körper, auf die sie sich beziehen, sehr gut charakterisiren können.

Mineralogische Zeichen. — Man wendet gleichfalls Zeichen an, um diese Arten von Beziehungen zu bezeichnen; doch bedient man sich alsdann der Cursivschrift, um anzuzeigen, daß die Elemente oxydirt sind, und schreibt *Al*, *Ca*, *Si*, 2c., anstatt Äl, Ca, Si 2c. Wenn sich zwei Oxyde von einem gleichen Körper vorfinden, so wendet man die Anfangsbuchstaben bei dem Oxyd und die einfachen der Cursivschrift beim Oxydul an. Z. B. *Fe* und *fe*, *Mn* und *mn*, 2c. sind dasselbe wie F̈e, Fe, M̈n, Mn, 2c. Das Wasser wird allgemein durch Aq bezeichnet, welches gleichbedeutend mit $\dot{H}^2O$ oder Ḣ ist.

Es können demnach unsere Verbindungen auch so geschrieben werden:

Ca Al Si^2, oder auch durch Vertheilung *Ca Si* + *Al Si*.
Ca Al^2 *Si*^{3}, — *Ca Si* + 2 *Al Si*.

Diese Bezeichnungen, die noch einfacher als die vorhergehenden sind, wurden mineralogische Zeichen genannt, weil die meisten aus Oxyden zusammengesetzten Mineral-Substanzen auf diese Weise angegeben werden können. Als Gegensatz davon wurden die andern Zeichen chemische Zeichen genannt, weil sie zugleich alle chemischen Beziehungen anzeigen.

§. 111. Uebergang von einem Zeichen zum andern. — Nichts ist leichter, als von einer dieser Bezeichnungen zur andern überzugehen: nämlich:

1) Uebergehen von einem chemischen Zeichen zu einem mineralogischen. Man braucht nur die Punkte zu zählen, die den Sauerstoff angeben, und sie mit den Exponenten und Coefficienten zu multipliziren.

Es ist z. B. 2 Ċa S̈i + Äl S̈i³ der erste mit Ċa² S̈i² equivalente Ausdruck, und der Sauerstoff des Kalkes verhält sich zum Sauerstoff der Kieselerde wie 2 zu 6. Man wird nun in der mineralogischen Bezeichnung *Ca² Si⁶* oder 2 *Ca Si³* schreiben. Im zweiten Ausdrucke verhält sich der Sauerstoff der Thonerde zum Sauerstoff der Kieselerde, wie 3 zu 9; man kann also *Al³ Si⁹* oder *Al Si³* schreiben; die Totalformel ist folglich: 2 *Ca Si³ Al Si³*.

2) Uebergehen von dem mineralischen Zeichen zum chemischen. Es genügt, wenn man zuerst das chemische Zeichen jedes der zusammensetzenden Oxyde in der angegebenen Ordnung schreibt, hierauf durch die Coefficienten und Exponenten die relativen Sauerstoffmengen, wie sie durch die mineralogische Formel angegeben sind, wiederherstellt.

Man habe *Ca Si* + 3 *Al Si*; zuerst wird man die Formel Ċa S̈i, Äl S̈i schreiben. Es zeigt jetzt Ca Si eine Gleichheit in den Sauerstoffmengen der beiden Oxyde an, und um es zu sagen, reicht es hin, daß man in dem Ausdrucke Ċa S̈i den Exponent 3 dem Zeichen des Kalkes beisetzt, indem man Ċa³ S̈i schreibt. Der zweite Ausdruck 3 *Al Si* ist das nämliche wie *Al³ Si³*, und man muß den gleichen Exponenten an Äl S̈i setzen, d. h. man muß Äl³ S̈i³ oder 3 Äl S̈i schreiben; die Totalformel ist also:

$$\dot{Ca}^3 \ddot{Si} + 3 \ddot{Al} \ddot{Si}.$$

§. 112. Rückblick auf die isomorphen Körper. — Man wird jetzt den Isomorphismus, von dem wir §. 45 sprachen, besser verstehen: er besteht darin, daß die Zusammensetzungen von der gleichen Formel, die ein und dasselbe elektro-negative Element mit gewissen verschiedenen elektro-positiven Elementen einschließen, Formen zeigen, die, wenn sie identisch,

wenigstens gleichartig sind. So sind z. B. die Sulfüre Pb S, Ag S, Zn S, ꝛc. ungeachtet der Verschiedenheit der Basen isomorph und haben unter sich die größten Analogien; eben so verhält es sich mit den schwefelsauren Salzen $Pb\,S^3$, $Ba\,S^3$, $Sr\,S^3$, ꝛc., ferner mit den kohlensauren Salzen $mn\,C^2$, $Ma\,C^2$, ꝛc., und mit sehr vielen andern Substanzen. Man schließt daraus, daß gewisse Basen an und für sich selbst isomorph sind, und man muß dies ebenfalls von gewissen elektro-negativen Körpern sagen, wie der Schwefel und das Selen, oder auch das Chlor, Jod, Fluor ꝛc. Die isomorphe Oxyde sind im Allgemeinen diejenigen, welche die nämlichen Atomenverhältnisse zeigen; so ist die Thonerde Äl, das Eisenoxyd Ḟe, das Manganoxyd Ṁn, das Chromoxyd Ċr isomorph. Die Oxyde Ċa, Ḟe, Ṁn, Ṁa, ꝛc. sind gleichfalls isomorph. Doch dürfte man daraus nicht a priori schließen, daß alles, was die gleiche Formel hat, auch isomorph sei; man muß in dieser Hinsicht die Erfahrung zu Rathe ziehen; denn es ist eine anerkannte Sache, daß Ḳa, Ṅa, L̇i nicht mit Ċa, Ḟe, ꝛc., welche die gleiche Formel haben, isomorph ist.

Auseinanderlegung (Diskussion) der Analysen.

§. 113. **Nothwendigkeit derselben.** — Es ist nicht immer der Fall, daß die Analysen der Mineralsubstanzen sich sowohl in Hinsicht der atomischen Beziehungen als in Hinsicht der Beziehungen der Sauerstoffmengen eben so leicht umbilden lassen, als diejenigen, die wir vorhin gewählt haben. Man erhält im Gegentheil häufig aus dem einen oder andern Stoff nur Zahlen, die man nicht vereinfachen kann, was davon herrührt, daß die Mineralsubstanzen selten allein krystallisirten und alsdann die eine Substanz eine ge-

wisse Menge von einer andern sich aneignete. Dies ist auch in der That in unsern Laboratorien der Fall, wenn sich mehrere Salze beisammen in der Auflösung finden.

Es sind jene Mengungen, welche die Proportionen gleichsam verbergen, weßwegen man sie in den zusammengesetzten Verbindungen, welche die Natur darbieten kann, von einander zu scheiden suchen muß. Diesen Vorgang nenne ich Diskussion der Analyse, d. h. Trennung von dem, was dem Körper eigen gehört und von dem, was Fremdartiges daran ist.

Grundlagen der Diskussion und Anwendung. — Die Beobachtungen, die man in den Laboratorien macht, lassen uns zwei Mischungsarten erkennen, wovon sie die einen in allen Proportionen, die andern dagegen in ziemlich kleiner Menge bilden.

1) Die Mischungen, die in allen Proportionen geschehen, haben eine gleiche Formel für ihre Zusammensetzung, obgleich sie verschiedene Basen haben können. Wenn man z. B. in der gleichen Auflösung die Alaunarten mit Basen von Thonerde und Kali, von Thonerde und Ammoniak, von Eisenoxyd und Kali, von Chromoxyd (*cr*) und Kali ꝛc. zusammenbringt, so mischen sie sich während der Krystallisation auf alle Arten, und zwar so, daß es keinen Krystall mehr gibt, welcher nicht alle diese Alaunarten und beinahe wie die Auflösung selbst einschlöße. Jeder Krystall zeigt alsdann die Zusammensetzung $3\,Al\,S^3 + K\,S^3 + 24\,Aq$, welche die des gemeinen Alauns ist, mit einer mehr oder minder größeren Menge von

$$3\,Fe\,S^3 + K\,S^3 + 24\,Aq.$$
$$3\,cr\,S^3 + K\,S^3 + 24\,Aq.$$

was man allgemein unter der Form

$$3\,(Al.\,Fe,\,cr,\,\text{ꝛc.})\,S^3 + K\,S^3 + 24\,Aq.$$

geben kann, indem man die analogen Basen in

Parentheſen einſchließt, und jede derſelben unbeſtimmt läßt; d. h. daß alsdann die Summe der in dieſen Baſen enthaltenen Sauerſtoffmengen ſich zu der in der Säure enthaltenen Sauerſtoffmenge verhält, wie 1 zu 3.

Ein Beiſpiel von einer natürlichen Miſchung. — In der Natur findet genau das nämliche ſtatt, und vereinigt man die Sauerſtoffmenge der verſchiedenen analogen Baſen, ſo findet man da regelmäßige Formeln, wo man nichts anderes ſehen könnte. Es bietet nichts Befriedigendes z. B. die folgende Analyſe:

	Gewicht.	Sauerſtoff.	Partialſummen.	Bez.
Kieſelerde	0,395	0,205	0,205	2
Thonerde	0,149	0,069	0,101	1
Fe	0,104	0,032		
Ca	0,118	0,033	0,102	1
Ma	0,101	0,039		
fe	0,092	0,021		
mn	0,040	0,009		
	0,999			

dar, wenn man die Sauerſtoffmengen mit einander zu vergleichen ſucht; vereinigt man aber einerſeits die Thonerde und das Eiſenoxyd, welche ſich in den Zuſammenſetzungen gegenſeitig erſetzen können, und anderſeits das Eiſen und das Manganoxydul, den Kalk, die Magneſia, die ſich gleichfalls erſetzen, ſo ſtehen die Sauerſtoffſummen unter ſich und zu dem Sauerſtoff der Kieſelerde in einfachen Beziehungen, ſo daß man die Zahlen 1, 1 und 2 für dieſe letztern hat; daher iſt die Formel dieſer complizirten Subſtanz (*Ma*, *Ca*, *mn*, *fe*) (*Fe*, *Al*) Si^2, d. h. dieſe Subſtanz iſt ein Gemiſch aus verſchiedenen Subſtanzen von der nämlichen Formel, nämlich aus *Ma Al* Si^2, *Ca Fe* Si^2, *Ca Al* Si^2, *fe Al* Si^2 und *mn Al* Si^2.

Man kann auch die relativen Mengen jedes dieſer Körper als Gewichte berechnen. Zu dieſem Zwecke ſetzt man zuerſt einen jeden durch Sauerſtoffmengen theoretiſch zuſammen und ſucht hierauf nach dieſen Quantitäten die der entſprechenden Subſtanzen. Man wird z. B. nehmen:

		Sauerstoff.				
	Ma	0,093	entspr. dem	Magnesia der Analyse	0,101	
	Al	0,039	—	Thonerde	0,086	0,337
	Si^2	0,078	—	Kieselerde	0,150	
	Ca	0,032	—	Kalk	0,114	
	Fe	0,032	—	Eisenoxyd der Analyse	0,104	0,341
	Si^2	0,064	—	Kieselerde	0,123	
Rest von	*Ca*	0,001	—	Kalk	0,004	
	Al	0,001	—	Thonerde	0,002	0,010
	Si^2	0,002	—	Kieselerde	0,004	
	fe	0,021	—	Eisenoxydul	0,092	
	Al	0,021	—	Thonerde	0,045	0,218
	Si^2	0,042	—	Kieselerde	0,081	
	mn	0,008	—	Manganoxydul	0,036	
Rest von	*Al*	0,008	—	Thonerde	0,015	0,082
	Si^2	0,016	—	Kieselerde	0,031	
Rest von	*mn*	0,001	= *mn* Si^3?	Manganoxydul	0,004	
Rest von	*Si*	0,003		Kieselerde	0,006	0,010

Um diese Berechnungen zu machen, muß man sich der Tabelle bedienen, welche die Zusammensetzungen der Oxyde enthält. Findet man z. B. daß 100 Theile Magnesia 38,71 Theile Sauerstoff enthalten, so wird man für die erstere Substanz haben:

$$38{,}71 : 100 = 0{,}039 : x = 0{,}101.$$

Eben so wird man für alle andern Berechnungen von derselben Art haben:

Demzufolge besteht der Körper aus . .	*Ma Al* Si^2	0,337	
	Ca Fe Si^2 oder Melanit	0,341	0,998
	Ca Al Si^2 oder Grossular	0,010	
	fe Al Si^2 oder Almandin	0,218	
	mn Al Si^2	0,082	
	mn Si^2 ?	0,010	

2) Die Mischungen in kleinen Quantitäten finden besonders unter den heterogenen Substanzen statt. Wenn sich in unsern Laboratorien mehrere Salze von verschiedenen Formeln in einer und derselben Auflösung finden, so ist es ein seltener Fall, daß sich eines niederschlägt, ohne einen kleinen Theil von den einen oder andern mit sich fortzureißen. Krystallisiren Salze in einer breiartigen Substanz, so führen sie gleichfalls einen Theil, und manchmal einen sehr beträchtlichen Theil, mit sich fort.

Offenbar muß das Gleiche auch in der Natur stattgefunden haben, und kann alsdann die Analyse der Mineralien, indem sie uns die Oxyde, welche verschiedenen Substanzen angehören, in Blöcken darbieten, nicht mehr die angegebenen einfachen Verhältnisse darbieten. Daraus erklären sich eine Menge scheinbarer Anomalien.

Zur Diskussion der Analysen in diesen Mischungsfällen muß man sich durch den Besuch der Fundorte oder durch die Untersuchung der ganzen Reihe an diesen Oertern gesammelten Musterstücken die Kenntniß der Substanzen verschaffen, die miteinander krystallisiren und daher sich mischen konnten. Man muß die Zusammensetzung aller dieser Substanzen kennen, daraus die Formeln, wenigstens annäherungsweise zu bilden, um alsdann alle Resultate gleichsam zu scheiden und endlich zu den wahren Formeln zu gelangen.

Ein Beispiel von einer natürlichen Mischung. — Wenn die gemischten Substanzen verschiedene Basen einschließen, so kann man dieselben immer ganz leicht ausziehen. Weiß man z. B. daß eine Substanz, deren gewöhnliche Formel *Ca Ma*^{3} *Si*^{9} ist, in der nämlichen Zeit krystallisirte, wie eine andere *Ca Al Si*^{2}, so wird nachstehende Analyse leicht auf die wahre Formel zurückgeführt werden können, welche man anfangs unmöglich bilden konnte:

		Sauerstoff.
Kieselerde	0,582	0,302
Thonerde	0,024	0,011
Kalk	0,151	0,042
Magnesia	0,241	0,093

Da in der That hier die Thonerde 0,011 Sauerstoff enthält, so wird man die Zusammensetzung *Ca Al Si*^{2} über dieser Basis bilden, nämlich:

	Sauerstoff.				Sauerstoff.	Verh.
Al	0,011	und es wird an	Sauerstoff	der Kieselerde bleiben	0,289	9
Ca	0,011	—	—	Kalk	0,031	1
Si^2	0,022	—	—	Magnesia . . .	0,093	3

Man sieht, daß diese Sauerstoffüberreste genau in der Beziehung stehen, welche die erste Formel bildet. Man wird, wie oben, rechnen, wenn man die entsprechenden Gewichte will.

Ein anderes Beispiel. — Etwas Schwierigeres bietet die Diskussion dem Anschein nach dar, wenn die gemischten Substanzen aus denselben Elementen in verschiedenen Proportionen gebildet sind, wie z. B. *Ca Si* und $Ca\,Si^2$; doch bemerkt man bald, daß es sich hier nur von einer Theilung der gegebenen Mengen, eine jede in mehrere andere, handelt, und so, daß die Theile der einen Zahl gegebene Beziehungen zu den Theilen der andern haben. Dies ist alsdann eine der einfachsten algebraischen Aufgaben.

Die Analyse sei { Kieselerde 0,497 welche 0,258 Sauerstoff enthält. / Kalk 0,502 — 0,141 — —

die man als ein Gemisch von *Ca Si* und $Ca\,Si^2$ annimmt. Es handelt sich darum, daß man jede der Zahlen 0,258 und 0,141 in zwei andere theilt, nämlich die erste in x und y, die zweite in x' und y', so daß sich x zu x' verhält wie 1 zu 1 (nach der Formel *Ca Si*), und daß $y : y' = 1 : \frac{1}{2}$ (nach der Formel $Ca\,Si^2$).

Man wird also auf der einen Seite haben $x + y = 0{,}258$, und auf der andern $x' + y'$ oder $x + \frac{1}{2}y = 0{,}141$. Aus diesen beiden Gleichungen in x und y erhält man:

$x = 0{,}024$ Sauerstoff der Kieselerde
$x' = x = 0{,}024$ Sauerstoff des Kalkes } in der Formel *Ca Si*

$y = 0{,}234$ Sauerstoff der Kieselerde
$y' = \frac{1}{2}y = 0{,}117$ Sauerstoff des Kalkes } in der Formel $Ca\,Si^2$

Die entsprechenden Gewichte der Kieselerde und des Kalkes wird man wie oben berechnen.

Tabelle,

enthaltend die Atomgewichte und die nützlichsten Zusammensetzungen.

Namen.	Atomgewichte.	Zeichen	Zusammensetzung.			
			Elektro-negative Körper.		Elektro-positive Körper.	
Antimon.	806,452	Sb				
Arsenik.	470,042	Ar				
Baryt.	956,880	Ba	Sauerstoff	10,45	Ba	89,55
Blei.	1294,498	Pb				
Bleioxyd.	1394,498	Ṗb	Sauerst.	7,171	Pl	92,829
Borsäure.	871,966	B̈o	Sauerst.	68,81	Bo	31,19
Chlor.	221,325	Cl				
Chlorsilber.	1579,932	Ag Cl	Cl	24,67	Ag	75,32
Eisen.	339,213	Fe				
Eisenoxyd.	978,426	F̈e	Sauerst.	30,66	Fe	69,34
Eisenoxydul.	439,212	Ḟe	Sauerst.	22,77	Fe	77,23
Fluor.	116,900	Fl				
Kali.	589,916	K̇	Sauerst.	16,95	K	83,05
Kalk.	356,019	Ċa	Sauerst.	28,09	Ca	71,92
Kieselerde.	577,478	S̈i	Sauerst.	51,95	Si	48,05
Kobalt.	368,991	Co				
Kobaltoxidul.	468,991	Ċo	Sauerst.	21,32	Co	78,68
Kohle.	75,005	C				
Kohlensäure.	275,005	C̈	Sauerst.	72,726	C	27,274
Kohlensaurer Kalk.	631,024	Ċa C̈	C̈	43,58	Ċ	56,42
Kupfer.	395,695	Cu				
Kupferoxyd.	495,693	Ċu	Sauerst.	20,17	Cu	79,83
Lithion.	127,757	L̇i	Sauerst.	43,91	Li	56,09
Manganoxyd.	1011,574	M̈n	Sauerst.	29,66	Mn	70,34
Manganoxydul.	455,78.	Ṁn	Sauerst.	21,94	Mn	78,06
Mangansuperoxyd.	555,787	M̈n	Sauerst.	35,99	Mn	64,01
Magnesia.	258,353	Ṁa	Sauerst.	38,71	Ma	61,29
Natron.	589,916	K̇	Sauerst.	16,95	K	83,05
Nickel.	369'675	Ni				

Namen.	Atomgewicht.	Zeichen	Zusammensetzung. Elektro-negative Körper.		Elektro-positive Körper.	
Phosphorsäure.	892,310	Ph	Sauerstoff	56,03	Ph	43,97
Quecksilber.	1265,822	Hg				
Salpetersäure.	677,036	N	Sauerst.	73,852	Az	26,148
Schwefel.	201,165	S				
Schwefelsäure.	501,165	S	Sauerst.	59,86	S	40,14
Schwefels. Baryt.	1458,045	Ba S	S	34,37	Ba	65,63
Schwefels. Blei.	1895,663	Pb S	S	26,44	Pb	73,56
Salpetersäure.	677,036	Az	Sauerst.	73,852	Az	26,148
Silber.	13,51607	Ag				
Strontian.	647,285	St	Sauerst.	15,45	St	84,55
Thonerde.	642,334	Al	Sauerst.	46,71	Al	53,29
Wasser.	112,479	H	Sauerst.	88,90	H	11,10
Wasserstoff.	6,2298	Hi				
Wismuth.	1330,376	B				
Zink.	403,226	Zn				
Zinkoxyd.	503,226	Zn	Sauerst.	19,87	Zn	80,13
Zinnoxyd.	935,294	Sn	Sauerst.	21,33	Sn	78,67

Eintheilung der Mineralien.

§. 114. Erklärung und Gegenstand der Klassifikationen. — Das Wort Eintheilung oder Klassifikation dehnt sich auf jede Art von Anordnung aus, die man zwischen einer gewissen Anzahl Körper treffen kann, sei es, um jeden derselben mitten aus den andern leicht herausfinden zu können, sei es, um die Aehnlichkeiten (Analogien) oder Unterschiede, welche sie unter einander zeigen, hervortreten zu lassen.

Wenn man bloß das Aufsuchen der Körper, wie die Bücher in einer Bibliothek, zum Zwecke hat, so kann die Klassifikation irgend welche sein, und es gibt hier unendlich viele Verfahrungsarten, die alle gleich gut sein können, wenn man nur sorgfältig genug ist. Man kann z. B. auf jeden Körper ein Unterscheidungszeichen setzen, das man dann in einem Katalog bezeichnen wird, oder kann man sich des einen oder andern der hervorstechendsten Zeichen bedienen, welche die Körper selbst darbieten können, z. B. die Größe, Form, Farbe ꝛc.

Wenn es sich darum handelt, die Aehnlichkeiten (Analogien) oder die Unterschiede der Körper hervorstechen zu lassen, so gibt es nur eine einzige anwendbare, eine einzige geeignete Eintheilungsweise, die aus einer möglichst vollständigen Vergleichung aller dieser Körper hervorgeht. Die Anordnung wird um so vollkommener sein, als die Vergleichung auf einer größern Anzahl von Punkten gemacht wird, und wird sich in dem Maße vervollkommnen, als man neue Mittel für die Vergleichung finden und als man besser den Grad der Wichtigkeit der verschiedenen Beziehungen — d. h. derjenigen, die man sorgfältig beobachten muß und solche, die man ohne Nachtheil vernachlässigen kann, kennen wird.

§. 115. **Natürliche Eintheilung.** — Offenbar muß man für die Naturgeschichte diese letztere Klassifikation wählen, welche stets die Analogien und Unterschiede gibt, und deren Zweck eine genaue Beiordnung der Resultate der Erforschungen sind, welchen sich so viele berühmte Männer hingaben. Sie ist gegenwärtig überall angenommen und mit dem Namen natürliche Eintheilung oder natürliche Methode bezeichnet, als Gegensatz zu allen willkürlichen Eintheilungsarten, die man alsdann künstliche Methoden nannte, und die ehemals ausgedacht wurden, um die Unterscheidung und das

Erkennen der verschiedenen Wesen nach einigen auffallenden Zeichen, die sie an sich tragen, zu erleichtern.

Abtheilungen. — Jede Klassifikation läßt Abtheilungen und Unterabtheilungen zu, mit deren Hülfe man von der Gesammtheit, von der Totalsammlung auf jeden einzelnen Körper gelangt. Hiezu ist die natürliche Eintheilung, wie jede andere geeignet; zuerst gibt sie einige große Gruppen, auf Analogien gegründet, die sehr vielen Wesen zukommen, hierauf gibt sie in jeder dieser großen Gruppen durch Analogien, die allmählig einer kleinern Anzahl angehören, Abtheilungen und Unterabtheilungen, bis man endlich an ein Einzelnwesen, Individuum, d. h. an ein Wesen kommt, von dem zwar noch verschiedene Exemplare existiren können, unter denen man aber keine bedeutenden Unterschiede mehr aufzustellen vermag. Auf diese Weise theilt sich also die ganze Naturgeschichte in drei Reiche (Thierreich, Pflanzenreich und Mineralreich), jedes Reich in Hauptabtheilungen und Klassen, jede Klasse in Ordnungen, jede Ordnung in Familien und Zünfte, jede Familie in Gattungen, und jede Gattung in Arten.

Allgemein definirt man die Art als die Gesammtheit ähnlicher Individuen, oder als die Gesammtheit der Individuen, die unter sich eine größere Aehnlichkeit (mehr Analogien) zeigen, als mit allen andern.

Die Gattung ist die Vereinigung der Arten, die unter sich mehr Analogien von jeder Beschaffenheit zeigen, als mit allen andern.

Die Zünfte, die Familien ꝛc. sind allmählige Vereinigungen von Gattungen, Zünften ꝛc., die unter sich ähnlicher sind, als alle übrigen.

§. 116. Mittel zur Vergleichung der unbelebten Körper. — Um die unbelebten Körper in der Ordnung der Analogien oder Aehnlichkeiten

zu klassifiziren, muß man sie sorgfältig mit einander vergleichen, was durch die verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften, die wir bereits kennen gelernt haben, geschieht. Diese Eigenschaften sind aber nicht alle geeignet, Aehnlichkeiten und Unterschiede von gleicher Wichtigkeit zu geben. Von sehr geringer Bedeutung würde z. B. die Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit sein, die aus dem erdigen Zustand genommen würde, in welchem, so zu sagen, alle Substanzen sich zeigen können; auch würde die Farbe nicht viel heißen, wofern sie nicht an das Wesen der Körper selbst gebunden wäre, denn man weiß, daß ein gleicher Körper auf alle Arten gefärbt sein kann. Man muß also in den verschiedenen Eigenschaften eine Wahl treffen, um Vergleichungen herzustellen, die ein wichtiges Resultat zulassen.

Man hat sich nur an die verschiedenen Einzelnheiten zu erinnern, die wir bereits gegeben haben, um zu sehen, daß die wirklich wichtigen Eigenschaften zur Vergleichung der leblosen Körper die Kryftallformen, die Spaltung derselben, die Erscheinungen der einfachen und doppelten Strahlenbrechung, die Polarisation durch Refraktion, der elastische Zustand, die Härte, das specifische Gewicht und die chemische Zusammensetzung sind. Unter den übrigen Eigenschaften sind die einen zufällig und daher für die Vergleichung unnütz, und die andern entweder veränderlich nach den Gesetzen, die wir kennen, oder auf allzu wenige Körper anwendbar.

Bemerken wir auch, daß die unbelebten Körper häufig der regelmäßigen Formen entbehren und nur durch Zusammenhäufung entstandene Strukturen darbieten; daß sie oft undurchsichtig sind, und daß man daher keine Refraktion daran beobachten kann, daß sie angelaufen oder matt sind, und alsdann ihr Polarisationswinkel unbekannt bleibt. Es geht daraus hervor, daß die chemische Zusammensetzung nach ei-

ner vorläufigen Diskussion der Analysen das einzige mögliche Vergleichungsmittel und daß dies alsdann in der That das Wichtigste bei den Mineralien ist.

§. 117. **Mineralogisches Individuum.** — So lange es sich von organischen Körpern handelt, macht man sich immer eine deutliche Vorstellung von einem Individuum, denn, da alle diese Körper aus Theilen bestehen, die entschiedene sichere Formen und eine feste relative Lage haben, so kann man sie im Allgemeinen eintheilen, ohne sie zerstören zu müssen; dies ist es nun, was man mit dem Wort Individuum ausdrückt.

Bei den leblosen Körpern kann man sich auf keine so leichte Weise eine Vorstellung von der Individualität bilden, und es ist selbst nicht einmal möglich, so lange man sie unter rein physikalischen Beziehungen betrachtet. Es kommt dies daher, daß an diesen Körpern (§. 2) weder die Form, noch die Struktur wesentlich sind, und daß sie alsdann ins Unendliche hinein getheilt und wieder getheilt werden können, ohne in ihrem Bestand aufzuhören, da in der That auch das kleinste Theilchen dieselbe Eigenschaften wie das Ganze besitzt. Sobald man aber die unbelebten Körper unter chemischen Beziehungen ins Auge faßt, so verändert sich die Frage gänzlich und das Individuum tritt klar hervor. Es gibt auch in der That gewisse chemische Operationen, die man mit diesen Körpern nicht vornehmen kann, ohne ihre Natur zu verändern, ohne sie in heterogene Theile zu theilen, wenn sie zusammengesetzt sind, und ohne aus ihnen neue Körper zu bilden, wenn sie einfach sind. Diese Operationen sind demnach die Grenzen der Theilbarkeit der unbelebten Körper, und für sie werden diese Körper Individuen.

Es geht daraus hervor, daß das mineralogische Individuum nur ein einfacher Körper,

ein Element, oder eine Vereinigung einer gewissen Anzahl Elemente in verschiedenen relativen Proportionen sein kann.

§. 118. **Mineralogische Art.** — Nach diesem definirt sich die mineralogische Art, welche die Vereinigung der ähnlichen Individuen oder der Individuen sein muß, welche unter sich mehr Aehnlichkeit zeigen als mit allen andern, von selbst als die Vereinigung der aus den gleichen Principien und in gleichen Proportionen gebildeten Körper.

Die Körper, welche nach diesem Princip vereinigt sind, gleichen sich auch in der Regel in allen wichtigen physikalischen Eigenschaften, doch muß man davon die Fälle der Dimorphismen und der Isomorphismen ausnehmen, wo zwischen den physikalischen und chemischen Eigenschaften keine Uebereinstimmung stattfindet.

Einige Naturforscher haben, indem sie den Isomorphismus in Erwägung zogen, den vorhergehenden Begriff ein wenig abgeändert, und die Mineralart als die Vereinigung der aus gleichen Elementen in der gleichen Proportion und in einem gleichen Zustand der Molekülen-Vereinigung definirt. Daraus ergibt sich, daß ein und derselbe Körper in zwei verschiedenen Systemen zwei Arten bilden muß, welche alsdann durch die physikalischen Eigenschaften charakterisirt sind.

§. 119. **Mineralogische Gattungen.** — (Mineral-Gattungen.) Die Gattung soll die Vereinigung der Arten, die unter sich eine größere Aehnlichkeit oder mehr Analogien zeigen, als mit allen übrigen. In chemischer Beziehung sind nun die ähnlichsten Arten diejenigen, welche die nämlichen in verschiedenen Proportionen mit einander verbundenen Principien enthalten, so daß z. B. Körper, wie Pb S, Pb S^2, Pb S^3 2c. natürlicher Weise eine Gattung zu bilden

scheinen würden, deren Arten durch die relativen Proportionen bezeichnet wären.

Doch erfüllt diese Gruppirungsweise der Arten nicht die Bedingung, diejenigen Arten zu vereinigen, die in allen Beziehungen die größte Aehnlichkeit zeigen. Es gibt aber eine andere, wo die Arten neben den chemischen Eigenschaften einer verschiedenen Ordnung zugleich solche physikalische Analogien zeigen, daß man sie oft beim ersten Anblick nicht von einander zu unterscheiden vermag. Es findet dieses statt, wenn isomorphe Körper in einer Verbindung gegenseitig für einander eintreten; so haben z. B. Körper, wie Pb S, Ag S, Zn S ꝛc., deren Basen isomorph sind und das elektro-negative Princip gemeinschaftlich ist, unter sich sehr ausgedehnte physikalische Analogien.

Daraus geht nun hervor, daß, um die ähnlichsten Arten durch die Gesammtheit aller ihrer Charaktere in Gattungen zu vereinigen, man diejenigen zusammenstellen müsse, welche isomorphe Basen einschließen, welche nach den nämlichen Atomenverhältnissen mit dem gleichen elektro-negativen Princip verbunden sind. Dies ist die natürliche Definition der Gattung, die alsdann durch das elektro-negative Element und durch die physikalischen Eigenschaften charakterisirt sind.

§. 120. **Mineralogische Zünfte.** (Mineral-Zünfte.) — Die isomorphen Arten gehen nicht allein aus der Substitution einer Basis für eine andere hervor, sondern bilden sich auch durch Substitutionen isomorpher elektro-negativer Principien, so daß es isomorphe Gattungen gibt, welche demnach unter sich die größten Beziehungen zeigen und die man an einander reihen, die man zusammenstellen muß. Daraus gehen noch sehr natürliche neue Gruppen hervor, welche mit dem Namen mineralogische Zünfte bezeichnet werden können. So bilden z. B. die Körper:

Pb S, Ag S, ꝛc.	eine Gattung isomorpher Sulfüren.
Pb, Se, Ag, Se, ꝛc.	eine Gattung isomorpher Selenüren (unter sich und mit den entsprechenden Sulfüren).
Pb Te, Ag Te, ꝛc.	eine Gattung isomorpher Tellureten (unter sich und mit den vorhergehenden Zusammensetzungen.)

Diese drei Gattungen bilden eine Gruppe von Körpern, die sowohl durch die physikalischen Charaktere, als durch die Formeln ihrer Zusammensetzung einander sehr ähnlich sind, und die man eine Zunft nennen kann.

Gattungen, die man durch andere Formeln, z. B. Cu^2 S, Cu^2 Se, oder auch Ag S + Cu^2 S und Ag Se + Cu^2 Se, ꝛc. bezeichnete, würden andere Zünfte bilden, die den vorhergehenden benachbart sind, und sich bloß durch andere physikalische Analogien unterscheiden.

§. 121. **Mineralogische Familien.** — Der Begriff der Familie zeigt sich jetzt auf eine sehr natürliche Weise: die Familie ist die Vereinigung verschiedener Zünfte, gebildet durch die verschiedenen Gattungen von Isomorphismen, welche sich aus den verschiedenen Proportionen ergeben, in welchen die Körper in den Zusammensetzungen sich finden können. So bilden in der nachstehenden Tabelle die verschiedenen isomorphen Gattungen einfacher, doppelter oder dreifacher Sulfüre, Selenüre, Tellureten, ꝛc. verschiedene Zünfte, deren Gesammtheit eine Familie, oder sogar mehrere Familien bilden, wenn man die Anzahl der vereinigten Elemente in Erwägung zieht.

Binäre Zusammensetzungen.	1te Zunft, oder Gruppe der isomorphen Gattungen.	1te Art. 2te Art. 3te Art.		
		Pb Su, Ag Su, Zn Su, &c.,	1te Gattung.	
		Pb Se, Ag Se,	&c., 2te Gattung.	
		Pb Te, Ag Te,	&c, 3te Gattung	
	2te Zunft, andere Gruppe der isomorphen Gattungen.	Cu^2 Su, &c.,	1te Gattung.	
		Cu^2 Se, &c.,	2te Gattung.	
Ternäre Zusammensetzungen.	3te Zunft, andere Gruppe der isomorphen Gattungen.	Ag Su + Cu^2 Su, 1te Art	1te Gattung.	
		Fe Su + Cu^2 Su, 2te Art		
		Ag Se + Cu^2 Se,	2te Gattung.	
	Typen verschiedener Zünfte.	Sb^2 Su^3 + Ag Su, 1te Art	Gattung.	
		Sb^2 Su^3 + Pb Su, 2te Art		
		Sb^2 Su^3 + 3 Ag Su, 1te Art	Gattung.	
		Sb^2 Su^3 + 3 Pb Su, 2te Art		
		Sb^2 Su^3 + 3 Fe Su, 3te Art		
Quaternäre Zusammensetzungen.	Verschiedene Zünfte.	$(Sb^2 Su^3 + 3 Cu^2 Su) + 2 (Sb^2 Su^3 + 3 Pb Su)$		
		$(Sb^2 Su^3 + 9 Cu^2 Su) + 4 (Sb^2 Su^3 + 9 Ag Su)$		
		$2 (Sb^2 Su^3 + 4 Cu^2 Su) + (Sb^2 Su^3 + 4 Fe Su)$		

Ordnungen. — Die Vereinigung dieser Arten von Familien würde andere Gruppen analoger Körper bilder, welche durch die isomorphen elektro-negativen Principien charakterisirt wären, und welche man Ordnungen nennen könnte.

Klassen. — Um die Ordnungen in Gruppen zusammenzustellen, würde man den Zustand, worin sich die elektro-negativen Principien in den Zusammensetzungen finden, in Betracht zu ziehen haben. So würden z. B. die Sulfüre, Selenüre, Tellurete Familien bilden, die zusammen eine Ordnung ausmachten. Eine andere Ordnung würden die schwefelsauren, selensauren, tellursauren Verbindungen bilden, und es würden diese Arten von Gruppen eine durch die chemischen Eigenschaften leicht zu charakterisirende Klasse zusammensetzen.

Die Stellung, die Anordnung der Klassen unter einander würde aus der Vergleichung der verschiedenen einfachen Körper sich ergeben, welche ihnen als Typen dienen, und würde von der Klassifikation dieser Körper selbst nach ihrer größern oder geringern Aehnlichkeit abhängen.

Bemerkungen. — Obgleich die Anzahl der entdeckten natürlichen Zusammensetzungen schon ziemlich beträchtlich ist, so ist es doch nach dem heutigen Stand der Wissenschaft noch unmöglich, diese Art von Unterordnung der Gruppen vollständig zu bilden; es finden sich darin ungeheure Lücken, die wir nicht einmal durch die Produkte unserer Laboratorien auszufüllen vermögen. Sehr häufig findet sich nur ein einziger Körper, der Alles repräsentirt, von der Klasse bis zur Art. Andern Orts gibt es eine Menge Arten, wovon jede der Typus einer Gattung ist, welche in der Folge sich ergeben wird; aber es gibt wenig analoge Gattungen, oder selbst gar keine, und man kann weder Zünfte noch Familien bilden; Diese Arten bilden alsdann ein großes, beinahe untheilbares Ganzes, das man nicht zu benennen weiß. Daraus ergibt sich, daß die Gesammtheit der bekannten Mineralien nur Gruppen vereinzelter, oft zahlreicher Arten, und hin und wieder einige Spuren von Klassen mit einigen unvollständigen Abtheilungen darstellt; man ersieht dies aus der am Ende dieses Artikels beigefügten Tabelle, welche die Arten enthält.

§. 122. **Namensverzeichniß (Nomenclatur).** — Auch geht aus den in der Reihe der leblosen Körper von uns bezeichneten Lücken hervor, daß nur die Arten Namen erhalten haben; denn man fand sich nicht genöthigt, Gattungsnamen zu schaffen, und wenn auch einige bestehen, so kommen sie daher, daß die Körper, die sich dahin beziehen, früher als eine einzige Art betrachtet wurden, die man später in Folge des Fortschrittes der Wissenschaft theilte. Und

noch aus einem triftigeren Grund bestehen keine Zunft=, Familien=, Ordnungs= und Klassennamen, weil der größte Theil dieser Abtheilungen, welche die Gesammtheit unserer Kenntnisse für die Zukunft gewahren läßt, heutigen Tages gleichsam bloß leere Rahmen oder Einfassungen sind.

Auch geht daraus hervor, daß die Körper in der Mineralogie nicht mehr, wie in den übrigen Theilen der Naturgeschichte durch zwei Namen — einen Gattungsnamen und einen Speciesnamen — durch ein Nomenclatursystem, das sowohl der Botanik als der Zoologie so viele Dienste gethan hat, bezeichnet werden.

§. 123. **Varietäten einer Art.** — Im Thierreich, so wie in allen übrigen Theilen der Naturgeschichte, kann man die Arten noch in Varietäten abtheilen. Die Unterscheidung wird hier auf die Verschiedenartigkeit der Formen, die regelmäßig, verwischt, entlehnt und zufällig sein können, ferner auf die verschiedenen Strukturarten, den Glanz, die zufälligen Farben, die verschiedenen Grade von Durchsichtigkeit oder Undurchsichtigkeit, die verschiedenen Mischungsarten ꝛc. gegründet.

Mineralogische Bastarden. — Bei den Thieren gibt es verwandte Arten, die sich auf alle Weise durchkreuzen können und zu Wesen Veranlassung geben, welche das eine und andere von ihren Eltern an sich haben; man gibt ihnen den Namen Bastarden, und stellt sie in der Eintheilung zu derjenigen Art, mit welcher sie die meisten Beziehungen beibehalten haben.

Auch bei den Mineralien finden sich wirkliche Bastarden, die aus der Mischung der isomorphen Substanzen in allen Proportionen hervorgehen. Wenn in diesen Mischungen eine Substanz vorherrschend ist, so muß man offenbar den Körper zu der Species hinstellen, welche diese Substanz bildet; wenn aber

alle Stoffe in fast gleichen Theilen gemischt sind, so gibt es keine andern Mittel mehr, als sie am Ende der Gattung anzuhängen, von der alle gemischten Arten einen wesentlichen Theil bilden.

§. 124. **Tabelle, enthaltend die Species.** — Mit der nachstehenden Tabelle, worin sich eine große Anzahl von Mineral-Species zusammengestellt finden, haben wir weniger die Absicht gehabt, damit ein Namensverzeichniß zu geben, als die verschiedenen Analogien der Substanzen anzugeben. Man kann daselbst in vertikaler und zugleich in horizontaler Richtung lesen, und es ist durch dieses doppelte Lesen unmöglich, daß man nicht die in den Zusammensetzungen herrschenden Verhältnisse wahrnehme, welche im Allgemeinen die aller andern Charaktere sind. Auch haben wir die Vereinigungen von Species angegeben, welche in den verschiedenen, mehr oder weniger künstlichen Klassen, welche die Gesammtheit der bekannten Mineralien theilen, Typen von Gattungen und Zünften bilden.

Antimonite).

fel

$(Sb^2\ Su^3)^2\ \ddot{S}b$

Rodo

Néap

Kondu

:de.

Tellurblei
Tellursilber

nfttypus.

attung.

Tellurwismuth
Blättertellur

Su

u + A

Fe Su

Weißtellurerz (Mullerine)
Schrifttellur

Ag + 3 Au Te

Fe Su

g Su

Fe Su

e Su

Gattung.

Su

). Phosphorsaure Verbindungen (Phosphate).

Triphyllin	$6\,(\dot{M}n^3, \dot{F}e^3)\,\dddot{P}h + \dot{L}i^3\,\dddot{P}h$
Phosphor (Kupfer)	$\dot{C}u^4\,\dddot{P}h$
Klaprothit	$\dot{M}a^5\,\dddot{P}h + \ddot{A}l^5\,\dddot{P}h^3$?
Ambligonit	$\dot{L}i^4\,\dddot{P}h + \ddot{A}l^4\,\dddot{P}h^3$
Libethenit	$\dot{C}u^4\,\dddot{P}h + 2\,Aq$
Pseudamalachyt	$\dot{C}u^5\,\dddot{P}h + 5\,Aq$
Ohne Namen	$\dot{C}u^5\,\dddot{P}n^2 + 5\,Cu\,Aq$
Hureaulit	$(\dot{F}e^5 + 3\,\dot{M}n^5)\,\dddot{P}h + 30\,Aq$
Heterosit	$(2\,\dot{F}e^5 + \dot{M}n^5)\,\dddot{P}h + 5\,Aq$
Phosphorsaure Eisenoxydule	$\dot{F}e^3\,\dddot{P}h, Aq$ / $\dot{F}e^4\,\dddot{P}h, Aq$ / $2\,\dot{F}e^5\,\dddot{P}h + 5\,Aq$? / $\dot{F}e^8\,\dddot{P}h^3, Aq$
Grüneisenstein (Delvaulxine)	$\ddot{F}e^6\,\dddot{P}h + 45\,Aq$
Kakoxen	$\ddot{A}l\,\dddot{P}h^3 + 3\,Aq$?
Wawelit (Wavellit)	$(\ddot{A}l^4\,\dddot{P}h^3 + 18\,Aq) + Al\,Fl^3$
Uranit	$\dot{C}a^2\,\dddot{P}h + \ddot{U}^4\,\dddot{P}h + 16\,Aq$
Chalkolith	$\dot{C}u^2\,\dddot{P}h + \ddot{U}^4\,\dddot{P}h + 16\,Aq$

Zunft und Gattungen	Cerin	*Al Si* + 2 *Ce Si*	
	Mesonit	2 *Al Si* + *Ca Si*	
	Zoisit	2 *Al Si* + *Ca Si*	
	Smaragdit	3 (*Al cr*) *Si* + *Ca*	
	Thallit	2 *Al Si* + *fe Si*	
	Thulit	2 *Al Si* + *Ca Si*	
	Wernerit	3 *Al Si* + *Ca Si*	+ 2 *Aq*
	Peliom	3 *Al Si* + *fe Si*	
	Cordierit	3 *Al Si* + *Ma S*	+ 2 *Aq*
	Scolexerose	3 *Al Si* + *Ca Si*	+ 3 *Aq*
			+ 5 *Aq*
			+ 4 *Aq*
			+ 2 *Aq*
	Labradorit	3 *Al Si*² + *Ca S*	
			+ 2 *Aq*
			+ 2 *Aq*
			+ 6 *Aq*
	Dipyr	4 *Al Si*² + *Ca Si*	) *Si*³ + 8 *Aq*
			Aq
			+ 6 *Aq*
	Anthophyllit	*Al Si*³ + (*Ma, f*) *S*	+ 6 *Aq*
Gattungen	Carnatite	3 *Al*⁴ *Si*³ + *Ca*	+ 6 *Aq*
	Retinit, Obsidian, Bimsstein		+ 5 *Aq*
			+ 6 *Aq*
			+ 8 *Aq*
Pimelith		*Al Si*² + 2 *Ni Si*³ + 13	*Al* + 4 *Aq*
Karpholit	3	*Al Si* + *mn Si* + 2	*Al* + *Aq*
Hisingerit		*Al Si*² + 4 *fe Si* + 4	K, *Al*), *Aq*
Sideroschisolith		*Al Si*² + 2 *fe Si*⁴ + 3	*Al*⁴
Ohne Namen	3	*Al Si* + *fe Si* + 2	, *Ca, f*) *Al*³
		*Al Si*⁴ + 4 *fe Si* + 3	
Fluorhaltige Silikate.	Einaxiger Glimmer,		*Ma, Si, Ph*
	Zweiaxiger Kalikglim		*Si*, A Su?
	Zweiaxiger Lithionglim		K, *Si*, Ä Su?
Silikate mit Chlor.	Sodalith		
Silikate mit Bor.	Turmalin Lithion Tu		*Si*, Ä Su?
	Turmalin Kaliturmal		*Si*, Mn Su?
	Turmalin Natronturm		
	Axinit		

Wasserhaltige Carbonate.

Kupferlasur $2\ Cu\ C^2 + Cu\ Aq$

Remalit $3\ Ma\ C^2 + Ma\ Aq$

$a\ C^2 + 5\ Aq$

Zinkblüthe $3\ Zn\ C^2 + Zn\ Aq^3$

Silicide.

d.e.	Quarz	$\ddot{S}i$ oder Si
$Ca\ Si^4 + Aq$	Calcedon	
$3\ Ca\ Si^2 + 2\ Aq$	Opal	Si, Aq

tige Silikate.

Wasserhaltige.

$+ 5\ Aq$	Allophan	$2\ Al\ Si + Al\ Aq^6$
Aq	Ein anderer	$2\ Al\ Si + Al\ Aq^2$
$2\ Aq$	Halloysit	$2\ Al\ Si^2 + Al\ Aq^4$
$+ Aq$	Halloysit (vertrocknet)	$2\ Al\ Si^2 + Al\ Aq^2$
$- 2\ Aq$	Bergseife	$Al\ Si^3 + Al\ Aq$
$- Aq$		
$- 3\ Aq$		

verschiedenen Basen.

Basis.

$Al^2\ Si + 2\ Gl\ Si$

Hydrate.

e wasserfreie und doppelte Hydrate.

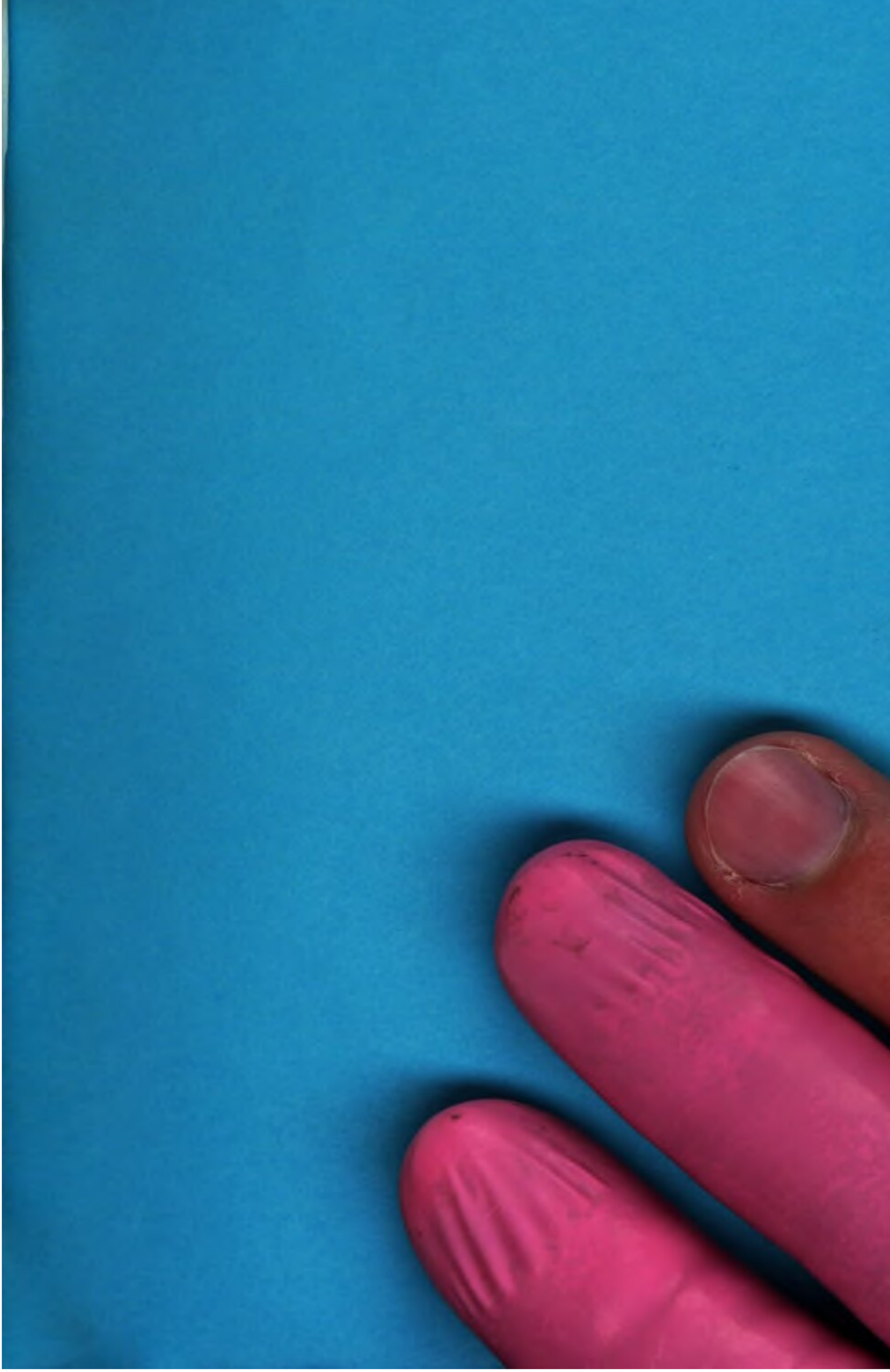
Wasserfreie.	
Phenakit	$G\ Si$
Zirkon	$Zi\ Si$
Gadolinit	$Y\ Si$
Peridot	$Ma\ Si$
Willemin	$Zn\ Si$
Wollastonit	$Ca\ Si$
Rhodonit	$mn\ Si$
Talk	$Ma\ Si$
Edelforfit	$Ca\ Si$
Kieselmangan	$mn\ Si^2$
Photizit	$mn\ Si$

$Zi\ Si^3 + 3\ (Na, Ca, fe)\ Si^2$
$3\ Th\ Si + (Ca, fe, mn)\ Si + 4\ Aq$

$3\ fe\ Si + Ca\ Si$
$fe\ Si + mn\ Si$
Paris $Ma\ Si + 2\ fe\ Si^2 + 2\ Aq$

$2\ Ma\ Si^2 + (fe, Ca)\ Si^2$
$2\ Ma\ Si^2 + Ca\ Si^2$
$Ca\ Si^2 + Ma\ Si^2$
$Ca\ Si^2 + fe\ Si^2$
$Ca\ Si^2 + mn\ Si^2$
$Ca\ Si^2 + mn\ Si$
Ma, fe, Si
$4\ Ma\ Si^3 + fe\ Si$

$Ca\ Si^3 + 3\ Ma\ Si^2$
$Ca\ Si^3 + 3\ fe\ Si^2$
$8\ Ca\ Si^3 + K\ Si^6 + 16\ Aq$



a C

d.e.
Ca S
; Ca

t ig

A

2

r

Bal
A

a C

d e.
Ca S
; Ca

t ig

A

2

x

Bat
A

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Beudant, François S. / Carl, Ludwig / Beudant, François S.,

Populäre Naturgeschichte der drei Reiche vollständig in zwölf Bänden mit mehr als tausend getreuen Abbildungen

Bd.: 5

Stuttgart 1844
81.86226-5/6
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10993308-9